

**ESTANDARIZACIÓN DE LAS OPERACIONES PRODUCTIVAS EN LA LÍNEA
DE LIMAS EN EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS S.A. UTILIZANDO EL
MÉTODO DE TIEMPOS PREDETERMINADOS M.T.M.**

**DIANA MARIA NAVARRO ROMERO
JUAN MANUEL BEJARANO RIVERA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2006**

**ESTANDARIZACIÓN DE LAS OPERACIONES PRODUCTIVAS EN LA LÍNEA
DE LIMAS EN EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS S.A. UTILIZANDO EL
MÉTODO DE TIEMPOS PREDETERMINADOS M.T.M.**

**DIANA MARIA NAVARRO ROMERO
JUAN MANUEL BEJARANO RIVERA**

**Pasantía
Para optar el título de Ingenieros Industriales**

**Director
ALEJANDRO SILVA PERDOMO
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2006**

Nota de Aceptación:

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento con los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Industrial.

ING. HERNAN SOTO

Firma del Jurado

Cali, 15 de diciembre de 2006

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	11
RESUMEN	13
INTRODUCCION	15
1. OBJETIVOS	18
1.1. OBJETIVO GENERAL	18
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
2. GENERALIDADES	19
2.1. HISTORIA	19
2.2. VISION	20
2.3. MISION	20
2.4. VALORES CORPORATIVOS	20
2.5. LA EMPRESA	20
3. MARCO TEORICO	22
3.1. MEDICION DEL TRABAJO	22
3.2. METODO M.T.M.	24
3.2.1. Antecedentes históricos y definición del M.T.M.	24
3.3. MEJORAMIENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS	25
3.3.1.Kaizen.	25
3.3.2.Pasos para implementar la metodología Kaizen.	26

3.3.3.Preceptos para aplicar el método	27
3.3.4.Desventajas del método Kaizen.	29
3.4. CELDAS DE MANUFACTURA.	29
3.5. SAP (Systems applications and products in data processing)	30
3.4.1.Planeación de prioridades	30
4. DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS	32
4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	32
4.2. PROCESO DE LIMAS	33
4.3. SITUACIÓN ACTUAL	33
4.4. METODOLOGÍA DE ESTANDARIZACIÓN	38
4.1.1.Desengrase y empaste lima RT-6"	39
4.5. IMPLEMENTACION DE CELDAS MANUFACTURA	53
4.5.1 Análisis de las causas.	52
4.5.2. Documentación de la realidad	53
4.5.3. PLanear medidas de mejora	56
4.5.4. Implementación de los cambios propuestos	60
4.5.5. Validación de los resultados	65
4.5.6. Estandarización	67
4.5.7. ¡Celebración!	67
4.6. PRACTICA DE LABORATORIO	72
4.6.1.Objetivo general de la práctica de laboratorio..	72
4.6.2.Objetivos específicos.	72

4.6.3.Procedimiento.	69
4.6.4.Realización de la práctica	73
5. CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFIA	82
ANEXOS	84

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Productividades Agosto 1/05 – Julio 31/06	35
Tabla 2. Costo de la lima RT6 por centro de trabajo	36
Tabla 3. Otros tiempos de seguimiento de desengrase y empaste	40
Tabla 4. Formato de seguimiento de tiempos desengrase y empaste lima RT6"	41
Tabla 5. Formato de MTM desengrase y empaste lima RT6"	43
Tabla 6. Formato Resumen de MTM Desengrase y Empaste Lima RT6"	45
Tabla 7. Tiempos suplementarios de Empresa Andina de Herramientas S.A.	46
Tabla 8. Historia de producción lima RT6" Agosto 1/05 Julio 31/06	47
Tabla 9. Estándares picadoras y temple	48
Tabla 10. Estándares de proceso antes de la celda	56
Tabla 11. Tiempos de proceso de limadoras de cantos	56
Tabla 12. Tiempos de proceso de picadoras de cantos	57
Tabla 13. Tiempos de proceso de limadoras de caras	57
Tabla 14. Tiempos de proceso de picado de caras	58
Tabla 15. Tiempos de proceso de marcado	58
Tabla 16. Desafíos por mejorar en la implementación de la celda	62
Tabla 17. Distribución de funciones para el picado de caras	65
Tabla 18. Distribución de funciones para el limado de caras	66

Tabla 19. Distribución de funciones para el marcado	67
Tabla 20. Resultados de corrida de seguimiento de la celda RT6"	68
Tabla 21. Seguimiento de picado de caras	69
Tabla 22. Relevos realizados al picado de caras	69
Tabla 23. Formato MTM-4 ensamble avión de juguete	74
Tabla 24. Codificación movimiento <i>Get</i>	103
Tabla 25. Codificación movimiento <i>Place</i>	105
Tabla 26. Codificación del movimiento <i>Put</i>	110
Tabla 27. Codificación del movimiento <i>Turn</i>	111
Tabla 28. Codificación del movimiento <i>Crack</i>	111
Tabla 29. Codificación del movimiento <i>Disengage</i>	113
Tabla 30. Codificación del movimiento <i>Apply Pressure</i>	114
Tabla 31. Codificación del movimiento <i>Eyes</i>	115
Tabla 32. Codificación de los movimientos del cuerpo	117
Tabla 32. Equivalencias de los tiempos predeterminados MU en minutos	121

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Proceso de fabricación de la lima RT-6"	34
Figura 2. Distribución en planta de los centros de trabajo antes de la implementación de la celda	63
Figura 3. Distribución en planta de los centros de trabajo después de la implementación de la celda	64
Figura 4. Resultados en MTM LINK ensamble de avión	76
Figura 5. Notación del movimiento <i>Get</i>	102
Figura 6. Notación del movimiento <i>Place</i>	106
Figura 7. Posicionar mediante un pequeño lanzamiento	107
Figura 8. Definición de la gráfica de la holgura	107
Figura 9. Notación del movimiento <i>Put</i>	109
Figura 10. Definición de las medidas para el movimiento de los ojos	116
Figura 11. Ventana de entrada a MTM-LINK	121
Figura 12. Ventana de menu principal de MTM-LINK	122
Figura 13. Ventana de mantenimiento de elementos	124
Figura 14. Ventana de mantenimiento de operaciones	126

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Productividades Agosto 1/05 - Julio 31/06	36
Gráfica 2. Tiempo que agrega valor en las operaciones de la celda RT6"	61
Grafica 3. Análisis de tiempo que agrega valor después de la implementación de la celda RT6"	68

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Formato de MTM picar cantos lima THAI 12"	84
Anexo 2. Formato resumen de MTM picar cantos lima THAI 12"	86
Anexo 3. Formato de MTM picar caras lima RT-6"	87
Anexo 4. Formato resumen de MTM picar caras lima RT-6"	89
Anexo 5. Formato MTM enderezar en banco lima 4 in hand 8"	90
Anexo 6. Formato Resumen de MTM Enderezar en Banco Lima 4 in hand 8"	92
Anexo 7. Formato MTM picar cuerpo lima R-4"	93
Anexo 8. Formato resumen de MTM picar cuerpo lima R-4"	95
Anexo 9. Formato MTM decapado lima MILL-10"	96
Anexo 10. Formato resumen de MTM decapado MILL-10"	100
Anexo 11. Procedimiento de operación y limpieza de maquinaria	101
Anexo 12. Sistema MTM- 4	102
Anexo 13. MTM-LINK	120

GLOSARIO

EFICIENCIA: En Empresa Andina de Herramientas S.A., se define este valor porcentual como:

$$\% Eficiencia = \frac{No.deHorasGanadas}{No.Horas Pr oductivas} * 100$$

HORAS GANADAS: En Empresa Andina de Herramientas S.A., se define como:

$$HorasGanadas = \frac{No.UnidadesBuenas}{UnidadesEstándar}$$

KAIZEN: Término Japonés que significa mejoramiento continuo, tomado de las palabras 'Kai' que es continuo y 'zen' que significa mejoramiento

LEAN MANUFACTURING: El Laboratorio de Diseño de Sistemas de Producción (*Production System Design Laboratory - PSD*), Y el Instituto de Tecnología de Massachusetts (*Massachusetts Institute of Technology - MIT*) establecen:

La producción ajustada está orientada a la eliminación de desperdicio en todas las áreas de la producción incluyendo las relaciones con el cliente, diseño del producto, red de proveedores y la gerencia de planta. Su objetivo es incorporar menos esfuerzo humano, menos intario, menos tiempo para desarrollar productos, y menor espacio para así convertirse en compañías con alto nivel de respuesta a la demanda del cliente mientras se producen productos de la más alta calidad de la manera más económica y eficiente posible¹.

PICADO: Proceso productivo en la elaboración de limas que consiste en la realización de los dientes a las mismas. Los picados varían en cuanto al tipo, cantidad de dientes por línea y cantidad de líneas por lima, y esto depende básicamente de la referencia de la lima.

PRODUCTIVIDAD: En Empresa Andina de Herramientas S.A., este valor porcentual, se define como el producto del porcentaje de eficiencia por el porcentaje de utilización.

$$\% Pr oductividad = \% Eficiencia * \% Utilización$$

¹ LEWIS, Robert. Lean manufacturing [en línea]. USA: isixsigma, 2002. [Consultado 1 de diciembre, 2006]. Disponible en internet: http://www.isixsigma.com/dictionary/Lean_Manufacturing-116.htm

SIX-SIGMA: “Es una metodología que brinda a los negocios las herramientas para incrementar la capacidad de sus procesos. Este aumento en el desempeño y disminución en la variación de los procesos conlleva a la reducción de defectos y a un vasto aumento en las ganancias, motivación de los trabajadores y calidad del producto”².

UTILIZACION: En Empresa Andina de Herramientas S.A., se define este valor porcentual como:

$$\%Utilización = \frac{Horas\ Pr\ oductivas}{Horas\ Pr\ oductivas + Horas\ Im\ productivas} * 100$$

² Ibid., http://www.isixsigma.com/dictionary/Lean_Manufacturing-116.htm

RESUMEN

En este momento Empresa Andina de Herramientas S.A. se encuentra en un proceso de expansión de la comercialización de sus productos, y por lo tanto surge en la organización la necesidad de optimizar sus operaciones. Dentro de las nuevas medidas para llegar a su objetivo, Empresa Andina de Herramientas S.A. desea hacer mejorar la productividad de su planta, y para ello se encuentra haciendo seguimientos constantes del desempeño en este aspecto de sus secciones productivas. Una de los puntos que contribuye, entonces, para la consecución de este objetivo es la estandarización de los procesos tipo 4 (en los cuales se ha obtenido un estándar aproximado de la labor), que en la gran mayoría de los casos se encuentran fuera de la realidad y que por lo tanto no llevan a datos confiables para la evaluación de los procesos.

Para determinar cuales procesos estandarizar, se determinaron aquellos que durante el período acumulado Agosto 1/05 a Julio 31/06, presentaron menores porcentajes de productividad. Posteriormente, se procedió a evaluar el impacto de estos procesos con baja productividad en el costo final del producto y entonces se determino que los centros de trabajo que presentaban mayor necesidad de estandarización eran Picado y Temple de limas.

Las operaciones evaluadas en estos centros de trabajo son: Limar cantos, picar cantos, limar caras, picar caras, picar curva, marcar, revisar y marcar, enderezar, desengrase y empaste, limpiar y decapar, limpieza y afilado y encabar.

Para la realización de los estándares de producción se recurrió al MTM, toma de tiempos con cronómetro y evaluación de la información histórica. El MTM, es una herramienta de elaboración de estándares que brinda la posibilidad de evaluar una actividad y descomponerla en operaciones y a su vez éstas en micromovimientos. Estos micromovimientos tienen cada uno, un valor en TMU (unidad de tiempo del MTM), que posteriormente se puede llevar a segundos, minutos u horas dependiendo de la necesidad, y que permiten obtener por lo tanto, el valor en tiempo de cada actividad realizada por el operario, sin necesidad de recurrir a factores de valoración, que pueden ser subjetivos y sin verse afectado el estándar por el desempeño o ritmo de trabajo del operario en el momento de la evaluación.

Esta es la metodología fundamental de trabajo de Empresa Andina de Herramientas S.A. para la estandarización de sus procesos productivos, y utiliza la toma de tiempos y la evaluación de la información histórica como parte de dicha metodología en cuanto a la comprobación del estándar obtenido por MTM,

Dentro de los procesos estandarizados se encuentran las celdas de manufactura realizadas en la sección de picadoras. Para la estandarización de dichas celdas se recurrió al MTM, para evaluar el método de trabajo de los operarios, es decir, determinar si el método había sido cambiado por el operario a través del tiempo (para retomarlo entonces) o si se hacía necesario su cambio de acuerdo a las nuevas condiciones de la celda de manufactura. De acuerdo a la metodología MTM, se hicieron oficiales los estándares para todas las celdas de manufactura.

Es importante mencionar que para la realización de las celdas se utilizó también la metodología Kaizen, la cual permitió la reducción de los inventarios en proceso, la detección de forma más rápida de los defectos de calidad, el aumento de la tasa de producción, entre otros.

También como forma de mostrar los beneficios de la metodología MTM en la estandarización de procesos productivos, se realizó el mismo para el proceso de armado de un avión de juguete del laboratorio de la Universidad Autónoma de Occidente. Para ello inicialmente, se dividió la labor en operaciones, y cada una de ellas fue descompuesta en sus movimientos fundamentales. Luego se aplicó el MTM – 4 a los movimientos obtenidos para ser llevados al sistema MTM Link que finalmente arrojó como estándar el ensamble de 42 aviones por hora.

INTRODUCCION

Empresa Andina de Herramientas S.A. pertenece a Cooper Industries de Houston, U.S.A., en la división Cooper Tools de herramientas manuales; siendo la línea de limas la más importante para esta planta ubicada en Acopi – Yumbo.

Como pertenece a una corporación multinacional, Empresa Andina de Herramientas no es ajena a la realidad del mercado mundial, en el que cada vez se hace más dramática la competencia por calidad y bajos costos de fabricación más aún conociendo el crecimiento de la industria asiática de los últimos años. Esto obliga a las compañías manufactureras a desarrollar métodos y técnicas orientadas a la identificación del valor en sus procesos, y por lo tanto la creación de un flujo continuo del mismo cuyo foco sea la satisfacción de las necesidades del cliente.

Es por eso que desde el año 2.004 la empresa ha emprendido una serie de proyectos de mejoramiento de procesos productivos bajo la metodología corporativa MVP (*Manufacturing Variance Program*, metodología desarrollada por *Cooper Industries* basándose en Six Sigma, lo cual en español se traduce como Programa de Variación de la Manufactura), con el fin de disminuir los costos de producción mediante el mejoramiento de los procesos productivos, disminución del desperdicio, optimización del consumo de material, entre otras. Todo con el fin de ganar cada vez más competitividad en el mercado. MVP es una adaptación de Six Sigma desarrollada por la corporación, y como tal también se apoya en metodologías de mejora como *Kaizen*, que a su vez se basa en las desarrolladas por las industrias japonesas.

En la parte administrativa, y con miras a incrementar la efectividad de dicha labor sobre todos los recursos, la corporación ha decidido implementar la plataforma SAP (*Systems Applications and Products in data processing*) la cual exige una rigurosa estandarización de la información tanto productiva como administrativa, y en lo que a nosotros concierne, requiere la revisión, modificación o creación de estándares de producción. En el caso de este proyecto se focalizará en la línea de limas.

La situación que se presenta actualmente en la empresa, y que es el origen de la ejecución de esta pasantía, es el traslado de la producción de varias referencias de limas a Colombia gracias a que la empresa aún tiene capacidad adicional para incrementar su volumen de producción, además de contar con un proveedor cercano de materia prima (SIDELPA S.A. ubicado a tan solo 3 cuadradas de la compañía). Por lo tanto ha surgido la necesidad de fabricar nuevas referencias de limas, y la estandarización de dichas operaciones productivas, así

como la actualización de estándares viejos o de aquellas operaciones que hayan tenido algún cambio en el método de trabajo. Este emprendimiento está encaminado a tener una información confiable de los procesos tanto para la parte administrativa como para la parte productiva.

El método empleado por la empresa para la medición del trabajo es el método de tiempos predeterminados M.T.M. (*Methods Time Measurement*), el cual será aplicado para actualizar los estándares existentes, modificar los métodos de trabajo que así lo requieran y para implementar y estandarizar las nuevas operaciones. Precisamente el corazón de esta pasantía es la aplicación de este método para la evaluación y estandarización del trabajo, que, a pesar de no ser nuevo en el ámbito laboral, muy pocas empresas lo emplean. Tal vez debido a que es algo complejo y requiere de mucha observación por parte del analista, a la hora de evaluar ciertos movimientos requeridos en una labor específica, como por ejemplo el golpear con un martillo, muchas veces el sistema en sí se queda corto. Sin embargo, su carácter es objetivo, es decir, solo depende de los movimientos necesarios para realizar una labor.

MTM es una excelente técnica para evaluar un método de trabajo aún cuando no se esté observando un trabajador experto, lo que muchas veces limita el estudio del trabajo. Además, también reduce el riesgo de una valoración errónea del trabajo al basarse en tiempos normales (entiendase por: “el tiempo requerido por el operario normal para realizar la operación cuando trabaja con velocidad estándar, sin ninguna demora por razones personales o circunstancias inevitables”³) predeterminados para cada movimiento a realizar. Es por eso que MTM se ajusta perfectamente a las metodologías de manufactura esbelta o “*Lean Manufacturing*”, ya que en sí mismo es una herramienta para eliminar movimientos innecesarios (según *Lean Manufacturing* estos se catalogan como desperdicio) en desarrollo de los métodos de trabajo, provee información precisa y detallada de los métodos manuales y reduce las posibilidades de error en la medición del trabajo al no depender de las personas sino de una correcta aplicación de los principios de economía de movimientos y organización del centro de trabajo.

Es importante mencionar que también se emplean varias técnicas para el estudio del trabajo y de tiempos, como observaciones de proceso, toma de tiempos con cronómetro, aplicación de los principios de economía de movimientos, balanceo de operaciones, etc.

Durante la realización de este trabajo de estandarización en la empresa se recibió la capacitación apropiada para la aplicación del método MTM-1, además se llevaron a cabo tres eventos *kaizen* para la implementación de celdas de manufactura en la sección de limadoras y picadoras, cuya metodología se

³ NIEBEL, Benjamín. Ingeniería industrial: Métodos, tiempo y movimientos. Mexico D.F.: Alfaomega, 1990. p. 760.

explicará en mas adelante en este trabajo escrito. En la realización de estos últimos se presentó la necesidad de analizar los flujos de material, métodos de trabajo y distribución de las máquinas, además de los métodos usuales de trabajo, para poder lanzar los estándares de producción para las nuevas celdas de manufactura.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Incrementar de 59,1 % a 69,0 % el porcentaje de operaciones estandarizadas en la línea de Limas mediante la determinación de los tiempos de ejecución, empleando el método M.T.M.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.2.1. Realizar 85 estándares de producción en las secciones de Picado y Temple de Limas

1.2.2. Incrementar el porcentaje de operaciones estandarizadas en el área de Picado de Limas en un 7% de 80,0% a 87,0%.

1.2.3. Incrementar el porcentaje de operaciones estandarizadas en el área de Temple de Limas en un 10.7% de 53,0% a 63.7%.

1.2.4. Utilizar la técnica de tiempos predeterminados MTM, como una de las herramientas de estandarización.

1.2.5. Desarrollar un método pedagógico que muestre la aplicación del método MTM para su posterior utilización en la universidad (laboratorio de métodos y tiempos del curso de Ingeniería de Métodos).

2. GENERALIDADES

2.1. HISTORIA

Empresa Andina de Herramientas S.A. tiene una historia que se remonta a 1960, época en la cual fabricaban clavos y tachuelas, para entonces era una pequeña empresa cuyos propietarios eran la familia Gilinsky. Con el paso del tiempo la empresa ha ido diversificando sus productos, dejando de lado la producción de aquellos que le dieron origen y dando cabida a otros como palas y palustres, que permitieron el posicionamiento de la marca ATILA, con gran prestigio a nivel nacional.

En el año de 1970 la Compañía Cooper Tools de Estados Unidos se empieza a interesar en extender su mercado a Colombia, es entonces cuando la familia Gilinsky realiza los contactos pertinentes con esta compañía y así las dos partes acuerdan constituir la *joint venture* (asociación de compañías) y quedan las acciones repartidas, de ahí el nombre de Empresa Andina de Herramientas S.A.

Las personas que trabajaban en la empresa de la familia Gilinsky se vieron afectadas por una sustitución patronal; con la entrada de Cooper Tools se extendió la producción y se elaboraron nuevos productos como limas, seguetas, escofinas y destornilladores, y se empiezan a importar de la Cooper de los Estados Unidos otros productos como flexómetros, llaves de boca fija, peston y alicates.

En el año de 1997 Empresa Andina de Herramientas S.A. adquiere los equipos de la Empresa Stanley en la ciudad de Palmira y compra la marca "Collins" que se dedica a la fabricación de palas, machetes y otras herramientas agrícolas, además de espátulas, llanas y palustres.

Para Diciembre de 1998 la Cooper Tools compra la totalidad de las acciones de la familia Gilinsky.

En la actualidad la Empresa continúa su crecimiento, llegando en este momento a tener la necesidad de incrementar su línea de producción de limas ante los requerimientos del mercado. Para esto se hace necesario tener estandarizadas sus líneas de producción actual, como medio para controlar mejor sus procesos productivos, y de esta forma posea mejores herramientas para un buen uso de los recursos que redunde en buenos indicadores de eficiencia y productividad.

2.2 VISION

Nuestra meta para el 2010 es ser reconocidos como el primer productor, exportador y comercializador de herramientas Manuales en Colombia; teniendo una rentabilidad acorde a los requerimientos de la Corporación y estar catalogados como un buen lugar para trabajar en Colombia. Todo esto en armonía con el medio ambiente.

2.3 MISION

2.3.1. Maximizar nuestra participación en el mercado de herramientas manuales de la más alta calidad y tecnología, utilizando programas de mercadeo bien diseccionados.

2.3.2. Incrementar las ventas y la rentabilidad buscando agresivamente adquisiciones de otras empresas con liderazgo en el mercado, calidad y tecnología a nivel doméstico e internacional para compartir nuestros sistemas de distribución.

2.3.3. Esforzarnos por maximizar el uso de todos nuestros recursos (gente y equipo) y mejorar nuestros métodos de operación.

2.4 VALORES CORPORATIVOS

2.4.1. Escuchamos, entrenamos, capacitamos, involucramos y desarrollamos continuamente nuestros empleados.

2.4.2. Asumimos todos nuestros negocios con Ética, Apertura, Seguridad y Buena Voluntad, con el deseo de ganar la confianza de nuestros empleados, clientes, proveedores y la comunidad en general.

2.4.3. Mantenemos una clara orientación hacia el cliente para resolver sus problemas e inquietudes y atender sus sugerencias

2.5 LA EMPRESA

Empresa Andina de Herramientas S.A. pertenece a Cooper Industries de Houston, U.S.A., en la división Cooper Hand Tools (herramientas manuales). Tiene una trayectoria de más de 150 años en la producción de Herramientas con Calidad Industrial y tecnología de avanzada.

La compañía está localizada en Cali - Colombia, Sur América, desde donde atendemos a clientes del país y el mundo.

La familia de Herramientas Cooper está conformada por las siguientes marcas, en las cuales siempre se podrá encontrar calidad y respaldo: Nicholson, Collins, Nicholson, Atila, Atkins, Crescent, Weller, Lufkin, Plumb, H.K. Porter, Wiss, Xcelite, Erem, Diamond, Farrier, Wire-Wrap. También herramientas de la división Power Tools como limpiadores de tubo y expansores marca Kotthanaus+Bush, destornilladores Apex y Geta, equipos de ensamble Assembly Systems, herramientas neumáticas industriales Cleco y muchas otras.

3. MARCO TEORICO

3.1 MEDICION DEL TRABAJO

La medición del trabajo permite evaluar el esfuerzo realizado por un operario en comparación con el tiempo que se le ha asignado para la ejecución de una labor específica. La tarea debe ser realizada con un ritmo normal de trabajo y siguiendo un método establecido.

3.1.1. Estudio de Tiempos. Consiste en establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, tomando como base la medición del trabajo al método prescrito, teniendo en cuenta la fatiga, las demoras personales, condiciones ambientales (Iluminación, calor, ruido, Etc) y los retrasos inevitables. Existen varias técnicas que se utilizan para establecer un estándar: el estudio con cronómetro de tiempos, datos estándares, datos de los movimientos fundamentales, muestreo del trabajo y estimaciones basadas en datos históricos. Cada una de estas técnicas tiene una aplicación diferente según las condiciones en que se desarrolle en trabajo. Por eso, quien realice el análisis de métodos y tiempos debe saber cual es la mejor técnica a utilizar y llevarla a cabo correctamente.

- **Objetivos del Estudio de Tiempos**

- Reducir al máximo el tiempo que se necesita para realizar un trabajo.
- Mantener los recursos y por lo tanto, minimizar costos.
- Elaborar un producto que sea cada vez más confiable y de buena calidad

3.1.2. Estudio de Movimientos. Es el estudio de los movimientos del cuerpo humano que se realizan para llevar a cabo una labor determinada, para luego establecer la lista de movimientos más favorable para lograr una eficiencia máxima.

- **Objetivos del Estudio de Movimientos**

- Reducir, y si es posible, eliminar los movimientos innecesarios, y por lo tanto ineficientes, y simplificar y acelerar los que verdaderamente son necesarios.

3.1.3. Principios de la Economía de Movimientos

- **Relativos al Uso del Cuerpo Humano**

- Ambas manos deben comenzar y terminar simultáneamente los elementos o divisiones básicas de trabajo y no deben estar inactivas al mismo tiempo, excepto durante los periodos de descanso.
- Los movimientos de las manos deben ser simétricos y efectuarse simultáneamente al alejarse del cuerpo y acercándose a éste.
- Siempre que sea posible deben aprovecharse el impulso o ímpetu físico como ayuda al trabajador y reducirse a un mínimo cuando haya que ser contrarrestado mediante un esfuerzo muscular.
- Son preferibles los movimientos continuos en línea recta en vez de los rectilíneos que impliquen cambios de dirección repentinos y bruscos.
- Deben emplearse el menor número de elementos o therbligs y éstos se deben limitar de más bajo orden o clasificación posible. Estas clasificaciones, listadas en orden ascendente del tiempo y el esfuerzo requeridos para llevarlas a cabo, son:
 - ◆ Movimientos de dedos.
 - ◆ Movimientos de dedos y muñeca.
 - ◆ Movimientos de dedos, muñeca y antebrazo.
 - ◆ Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo y brazo.
 - ◆ Movimientos de dedos, muñeca, antebrazo, brazo y todo el cuerpo.
- Debe procurarse que todo trabajo que pueda hacerse con los pies se ejecute al mismo tiempo que el efectuado con las manos. Hay que reconocer que los movimientos simultáneos de los pies y las manos son difíciles de realizar.
- Los dedos cordial y pulgar son los más fuertes para el trabajo. El índice, el anular y el meñique no pueden soportar o manejar cargas considerables por largo tiempo.
- Los pies no pueden accionar pedales eficientemente cuando el operario está de pie.
- Los movimientos de torsión deben realizarse con los codos flexionados.
- Para asir herramientas deben emplearse las falanges o segmentos de los dedos, más cercanos a la palma de la mano

- **Relativos a la Disposición y Condiciones en el sitio de Trabajo**

- Deben destinarse sitios fijos para toda la herramienta y todo el material, a fin de permitir la mejor secuencia de operaciones y eliminar o reducir los therbligs buscar y seleccionar.
- Hay que utilizar depósitos con alimentación por gravedad y entrega por caída o deslizamiento para reducir los tiempos alcanzar y mover;

asimismo, conviene disponer de expulsores, siempre que sea posible, para retirar automáticamente las piezas acabadas.

- Todos los materiales y las herramientas deben ubicarse dentro del perímetro normal de trabajo, tanto en el plano horizontal como en el vertical.
- Conviene proporcionar un asiento cómodo al operario, en que sea posible tener la altura apropiada para que el trabajo pueda llevarse a cabo eficientemente, alternando las posiciones de sentado y de pie.
- Se debe contar con el alumbrado, la ventilación y la temperatura adecuados.
- Deben tenerse en consideración los requisitos visuales o de visibilidad en la estación de trabajo, para reducir al mínimo la fijación de la vista.
- Un buen ritmo es esencial para llevar a cabo suave y automáticamente una operación y el trabajo debe organizarse de manera que permita obtener un ritmo fácil y natural siempre que sea posible⁴.

3.2 METODO M.T.M.

3.2.1. Antecedentes históricos y definición del M.T.M. En Mayo de 1948, la *McGraw-Hill Book Company* publicó las conclusiones de H.B. Maynard, G.J. Stegemerteny, J. L. Schwab de la *Methods Engineering Council* de Pensilvania, USA en el libro "*Methods-Time-Measurement*". Este libro presentaba un adelanto en el campo de la ingeniería de la producción industrial cuya necesidad se había aceptado desde hacía mucho tiempo. De este modo, se puso al alcance de todo el mundo un medio de determinación del método operatorio y de sus tiempos de ejecución que terminó siendo el método más universalmente aceptado de tiempos elementales predeterminados.

El MTM había resuelto muchas de las limitaciones existentes a través de la definición precisa de cada movimiento básico que puede exigir al trabajador, cualquier trabajo manual y estableciendo con exactitud el tiempo necesario para realizar ese movimiento básico bajo las diferentes condiciones en que puede ser realizado. Según se definió en el libro: "*MTM es un procedimiento que permite el análisis de todo método manual descomponiéndolo en los movimientos básicos requeridos y asignando a cada movimiento un tiempo estándar predeterminado basado en la naturaleza del movimiento y en las condiciones en las que es realizado*"⁵.

⁴ Ibid., p. 200.

⁵ ¿Qué es el MTM? [en línea]. Aragón: Asociación MTM española, 2.005. [Consultado 1 de Diciembre, 2.006]. Disponible en internet: <http://www.asocmtmesp.com>.

- **Finalidad del sistema M.T.M.** Como puede creerse a primera instancia, el MTM no tiene la intención de desaparecer los procedimientos de estudio de tiempo con basados en el cronómetro, por el contrario, éste es y será todavía necesario para determinar los tiempos de máquinas y los de operaciones controladas por algún procedimiento.

MTM es apropiado para evaluar las tareas manuales, donde los movimientos realizados sean pequeños y muy rápidos, de manera que un simple estudio con cronómetro no es suficiente para determinar con exactitud el tiempo de ejecución de la tarea debido a la clasificación de micromovimientos y a los tiempos normales asignados a cada uno.

3.3. MEJORAMIENTO DE PROCESOS PRODUCTIVOS

Hoy en día las empresas manufactureras se mueven en un ambiente gobernado por la competencia, es decir, sólo sobrevive aquella que logre fabricar productos a buen precio y de excelente calidad. Los clientes tienden a pagar cada vez menos dinero por los productos que consumen. Es por eso que las empresas deben hacer un cambio organizacional y replantear sus negocios, lo que quiere decir que deben revisar sus procesos administrativos y de producción con el fin de hacer un análisis del ahora, a partir del cual se han formular las estrategias para el futuro.

Es aquí donde la palabra “Cambio” se vuelve vital para la supervivencia de una compañía, dado que solo tendrán éxito aquellas que logren adaptarse organizacional y productivamente a las necesidades del cliente. Actualmente existen varias metodologías enfocadas a mejorar los procesos productivos, desarrolladas principalmente por las industrias japonesas, que no requieren de grandes inversiones para ser llevadas a cabo sino de todo el potencial humano con que cuenta la empresa. Esto significa la participación activa y comprometida de todo aquel que tenga algo que ver con el proceso, desde los gerentes hasta los operarios. *Kaizen* es quizá es estandarte de dichas metodologías.

3.3.1. ***Kaizen.*** *Kaizen* está basado en la creencia de que todo ser humano puede contribuir a mejorar su lugar de trabajo, en donde pasa una tercera parte de su vida, y por lo tanto es una estrategia dirigida al consumidor para el mejoramiento. Comienza comprendiendo las necesidades y expectativas del cliente para luego satisfacerlas y superarlas. La metodología *Kaizen* es un camino, un medio para hacer las cosas, una forma de gestionar la organización.

Si se identifica una oportunidad de mejora de ejecución rápida, *kaizen* es el método apropiado para obtener beneficios parciales al instante⁶.

3.3.2. Pasos para implementar la metodología *Kaizen*.

- **Identificar el proceso a mejorar:** En la etapa inicial se debe identificar el proceso que abarcará la mejora, éste incluye:
 - Definir el problema actual.
 - ¿Qué se pretende lograr con el *Kaizen*?
 - Establecer parámetros de medición de acuerdo a los objetivos planteados.
 - Tiempo de duración de la implementación.
- **Establecer grupo interdisciplinario:** Contar con el recurso humano necesario para llevar a cabo la metodología, involucrar a personal ajeno al proceso fomenta la generación de preguntas e inmediatas soluciones al problema, se suprimen procesos y actividades repetitivas ó innecesarias.
- **Documentar la realidad:** Documentar el proceso actual, ya que no puede haber mejora o *Kaizen* si no se conoce el proceso actual tal y como este se realiza actualmente, la documentación incluye:
 - Cálculo del Tiempo.
 - Mapa del proceso de valor.
 - Hojas de trabajo estándar.
 - Realizar estudios de tiempos.
 - Hojas de combinación de trabajo estándar.
 - Observaciones de Tiempos de Montaje.
 - Auditoria 5S / Seguridad.

La mayor parte de la información obtenida antes del *Kaizen* no debe ser usada durante el evento. No confiar en información a menos que ésta sea verificada personalmente.

Colocar la información para que la puedan usar todos los miembros del equipo durante el evento.

- **Identificar los desperdicios:** Identificar aquellos elementos de la producción o el proceso que no incrementan el valor de un producto ó de la operación del mismo y que por el contrario incrementan el costo. El proceso debe ser documentado y las áreas problema identificadas.

⁶ GEORGE, M.L., ROWLANDS, D. Y PRICE, M. The lean six sigma pocket. USA: Mc. Graw Hill, 2005. p. 20.

- **Planear medidas para contrarrestar:** Se deben atacar los puntos que impactan:

- Productividad.
- Calidad.
- Flujo del Proceso.
- Flujo del Material.
- Flujo de la Información.

Para contrarrestar éstos puntos, se deben encontrar alternativas para cada problema identificado y enfocarse en actividades ó procesos que puedan terminarse durante la implementación *kaizen*.

- **Hacer cambios:** Comunicar los cambios al equipo del evento/departamento sobre las modificaciones realizadas durante la implementación *kaizen*.

- **Verificar los resultados:** Es necesario repetir las observaciones y verificar si se lograron los resultados, si no, se debe regresar al proceso objetivo y hacer más cambios. Posteriormente, verificar de nuevo con más observaciones. Cuando se han logrado los resultados, se deben tomar las acciones necesarias para completar la verificación dentro del marco de tiempo del evento.

- **Cuantificar los resultados:** Éste punto nos indica la necesidad de documentar ó registrar los resultados contra los objetivos originales del evento, analizando si los objetivos propuestos inicialmente se han logrado y en qué porcentaje.

- **Estandarizar el nuevo proceso:** En éste punto se debe documentar la nueva metodología de funcionamiento del proceso mejorado, darlo a conocer través de la capacitación a las personas encargadas de ejecutarlo y garantizar que los cambios de mejora realizados se mantengan coherentemente, por ejemplo: colocar una lista de tareas o paso a paso en un lugar visible de manera que sea entendible a los implicados, crear la cultura de la nueva implementación.

- **Compensar la labor de mejora:** No necesariamente se debe estimular la labor de los participantes en dinero, sino gratificar su trabajo exaltando ante los demás miembros de la organización sobre los resultados obtenidos.

3.3.3. Preceptos para aplicar el método

- No buscar perfección, hacer las cosas inmediatamente aún si solo nos da el 50% del objetivo.
- Pensar en como hacerlo, NO pensar en que NO se puede hacer.

- No dar excusas. Empezar preguntando cuales son las prácticas actuales.
- Descartar ideas fijas convencionales.
- Corregir inmediatamente los errores en caso de equivocaciones.
- Gastar el mínimo dinero para el *Kaizen*, usar el ingenio.
- La creatividad llega cuando se enfrentan privaciones.
- Preguntar "¿Por qué?" cinco veces y busca la causa raíz (Método de los cinco POR QUÉ).
- Buscar el sentido común y el juicio de varias personas más que el conocimiento de una.

3.3.4. Ventajas del método kaizen.

- Concentra el esfuerzo en ámbitos organizativos y de procedimientos puntuales.
- Se consiguen mejoras en un corto plazo y resultados visibles.
- Si existe reducción de productos defectuosos y de productos de inventario, trae como consecuencia una reducción en los costos, como resultado de un menor consumo de materias primas y gastos de inventario.
- Incrementa la productividad y dirige a la organización hacia la competitividad, lo cual es de vital importancia para las actuales organizaciones.
- Contribuye a la adaptación de los procesos a los avances tecnológicos.
- Mejoras en la calidad de los productos.
- Reducción del espacio utilizado.
- Permite eliminar procesos repetitivos.
- Mejora el clima organizacional y el servicio.
- Aumento de la rentabilidad de la organización.

3.3.5. Desventajas del método kaizen.

- Cuando el mejoramiento se concentra en un área específica de la organización, se pierde la perspectiva de la interdependencia que existe entre todos los miembros de la empresa.
- Requiere de un cambio en toda la organización, ya que para obtener el éxito es necesaria la participación de todos los integrantes de la organización y a todo nivel.
- En vista de que los gerentes en la pequeña y mediana empresa son muy conservadores, el Mejoramiento Continuo se hace un proceso muy largo.
- Las mejoras que no se puedan llevar a cabo inmediatamente es porque requieren de inversiones importantes a futuro.

3.4. CELDAS DE MANUFACTURA.

Está compuesta por un pequeño número de trabajadores y máquinas en un esquema de flujo de producción a menudo en forma de U, para producir un grupo de artículos similares llamados familias de partes enpareadas de producción. Los defensores de la manufactura en células mencionan varios beneficios en este tipo de sistema de producción, entre otros, menos inventario, menos manejo de materiales, mejoramiento de la productividad y calidad, mejoramiento en la satisfacción del trabajador en la labor, flujo más uniforme, mejoramiento del cronograma y el control. Las células pueden utilizarse en la maquinaria, la fabricación y el montaje, así como en una combinación de los tres. Estas permiten cierto grado de automatización, flujo moderado, reducción de la mano de obra directa y sirven de vehículo para implementar innovaciones de fabricación. Los patrones de flujo de las células varían considerablemente. Algunas se asemejan a talleres de flujo, mientras que otras aparecen más bien como talleres de trabajo. Debido a la alta adaptabilidad de las células de manufactura, casi cualquier fabricante puede utilizarlas con provecho⁷.

⁷ GAYNOR, Gerard. Manual de gestión en tecnología. Bogotá: Mc Graw Hill, 1995. Vol. 2, p. 791.

* Planeación de los recursos de la compañía.

3.5. SAP (SYSTEMS APPLICATIONS AND PRODUCTS IN DATA PROCESSING)

Como ya se expresó anteriormente, la empresa ha optado por instalar la plataforma SAP como sistema de información ERP* (*Enterprise Resources Planing*) con el objetivo de hacer más efectiva la administración de los recursos y por lo tanto ganar mayor competitividad en el mercado. Esto requiere una rigurosa estandarización de la información administrativa y de producción, por lo tanto los estándares productivos deben contener la información más ajustada a la realidad posible para hacer más afectivo en el uso de SAP.

Se trata de un software de gestión empresarial diseñado para cubrir todas las áreas funcionales de la empresa, tales como la fabricación, las compras, la administración de inventario y la cadena de suministros, el control financiero, la administración de recursos humanos, la logística y distribución, las ventas, el mercadeo y la administración de relaciones con los clientes.

Con SAP, las personas manejan información estandarizada, por lo que se crean flujos de información, de trabajo y reglas definidas para todos los integrantes de la organización.

Planeación de prioridades

- Responde las preguntas de qué, en qué cantidades y cuando se requiere el material (si esta no trabaja bien ninguna de las otras funciones trabajará).
- Qué Material se necesita y cuando se necesita.
- Herramientas de planeación de requerimientos de manufactura MRP (*Manufacturing Requirement Planing*).
- Planeación de capacidades: Responde las preguntas de cuanto tiempo se necesita y en donde.
- Que tiempo se necesita y cuando se necesita.
- Control de Prioridades: verifica la ejecución de la planeación de las prioridades.
 - Estatus actual de operación en todos los centros de trabajo.
 - Herramientas: control de piso (lista de entregas).
- Control de capacidades: verifica que las capacidades en cada centro de trabajo se mantengan en los niveles planeados.

- Capacidad planeada vs capacidad actual.
- Herramientas: control de piso (control entrada/salida)⁸.

⁸ e-ERP [en línea]. México D.F.: e-Evolution S.C, 2.006. [Consultado 1 de Diciembre, 2.006]. Disponible en internet: <http://www.e-evolution.com.mx/mfg.html>.

4. DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS

4.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La línea de limas es la primera en importancia en cuanto al margen de utilidad para Empresa Andina de Herramientas S.A. Cada familia de limas necesita en promedio 20 operaciones para su producción, de las cuales 10 se llevan a cabo en las secciones Picadoras, Temple y Empaque; sin embargo, la mayoría de dichas operaciones no tienen un estándar de producción definido, sino una medición aproximada del trabajo. Por esto una de las principales necesidades en Empresa Andina de Herramientas S.A., es la de estandarizar los procesos que no poseen los estándar oficiales tipo 1 o 2, y que tienen estándar tipo 4.

El estándar tipo 4, es aquel que ha sido sacado haciendo una aproximación de la labor que en un tiempo corto, no mayor a 1 hora de seguimiento, el operario puede sacar y en el cual muchas veces no se han observado y evaluado todos los movimientos y actividades que la persona debe realizar para cumplir con su tarea. Este tipo de estándar, por lo tanto, no es lo suficientemente preciso y puede ser muy alto, cercano o muy bajo con respecto al estándar real.

Todo lo anterior trae como principal consecuencia el tener costos de los productos fuera de la realidad. Es decir se puede estar aumentando el costo de un producto cuando en realidad, el mismo es mucho más económico lo cual en el momento de competir con otras empresas, crearía desventajas inexistentes, o viceversa, se cuenta con tener productos mucho más económicos que generan una “supuesta utilidad”, que en la realidad no se percibe.

Además de lo anteriormente mencionado, cabe resaltar que el hecho de tener estándares tipo 4 afecta la confiabilidad en temas como: capacidad de producción, requerimiento de mano de obra, tiempos de entrega, inventario en proceso, y bajas productividades ya que existen estándares que no se ajustan a la realidad del proceso y esto dificulta su cumplimiento, Etc.

Los estándar tipo 1 y 2, son aquellos que se sacan con seguimiento con cronómetro de las actividades del operario, y en el que se tiene en cuenta y se evalúa cada una de las tareas realizadas, los movimientos, la distribución física y el ambiente del centro de trabajo. De igual forma, para sacar el estándar tipo 1 y 2, se tiene en cuenta la información histórica del centro de trabajo, observando cual ha sido el comportamiento de la productividad con el estándar tipo 4 existente. Además dentro de Empresa Andina de Herramientas S.A. existe como metodología para oficializar los estándares, la elaboración del MTM (*Method Time Measurement*), lo cual, sumado a todo lo anterior valida y brinda confiabilidad del

nuevo estándar. Otra de las grandes ventajas de contar con la herramienta MTM, es que por medio de ésta se tiene una medición objetiva del trabajo, pues en ella se miden los movimientos del operario, teniendo en cuenta los pesos que levanta, las distancias de recorrido para los movimientos de las manos, los desplazamientos, los tipos de agarre, entre otros; sin depender si el operario trabaja a ritmo rápido, normal o lento, lo cual equivaldría a tener que evaluar dicha labor con un factor de valoración, que también podría ser subjetivo.

Cabe también aclarar que la principal diferencia entre el estándar tipo 1 y 2, es que el tipo 2 se aplica solamente al área de picadoras, donde debido a la dificultad de la operación se paga un porcentaje mayor de incentivos.

4.2. PROCESO DE LIMAS

La línea de producción de limas es la de mayor volumen de ventas y se encuentran disponibles en las marcas *Nicholson* y *Atila*. Las limas *Atila* son limas colombianas con tecnología *Nicholson* que se manufacturan bajo pedido. La compañía de limas *Nicholson* fue fundada en USA en 1864 y se convirtió en el primer fabricante exitoso de limas fabricadas a máquina. Hoy *Nicholson* es el mayor fabricante de limas en el mundo y su rango de productos se ha ampliado y diversificado incluyendo no sólo limas, sino también escofinas, sierras ó seguetas de mano y máquina, las cuales son manufacturadas por Empresa Andina de Herramientas S.A., en Colombia.

El proceso de fabricación de lima RT-6", de mayor volumen de venta, es el que se indica en la figura 1.

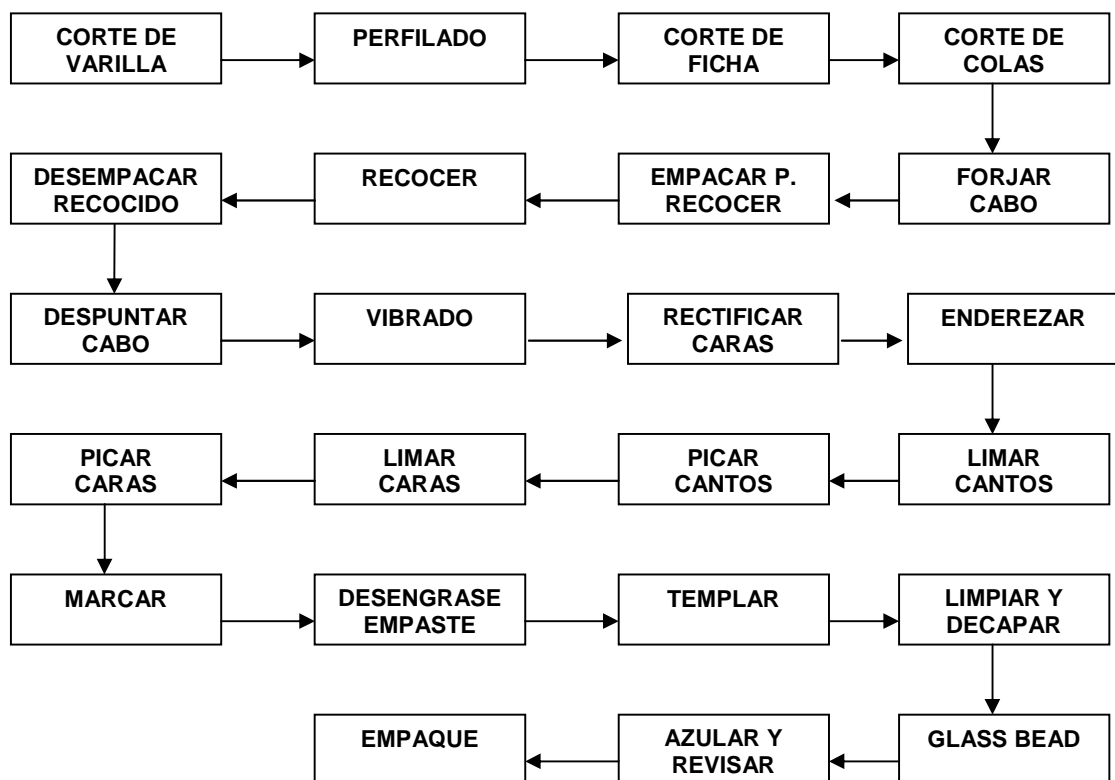
4.3. SITUACIÓN ACTUAL

Dentro de Empresa Andina de Herramientas S.A., se tiene como uno de sus principales objetivos el aumento de su productividad en la planta. Por lo tanto, en este momento se encuentra adelantando un seguimiento diario a las productividades por sección. Se han detectado algunas causas para las bajas productividades, entre ellas cabe mencionar: mala administración de la sección, exceso de personal, fallas de las máquinas, estándares fuera de la realidad, mal manejo del tiempo, Etc.

En el presente trabajo, y como una forma de contribuir a los objetivos de la empresa, nos enfocamos en lo que respecta a los estándares. Las bajas productividades en cuanto a los estándares se deben principalmente a que algunos centros de trabajo cuentan con estándares realizados hace muchos años y no tienen en cuenta las condiciones actuales de la labor que se desempeña, esto debido en muchas ocasiones a que se han realizado cambios en el proceso y

no se ha hecho la respectiva retroalimentación al departamento de Ingeniería Industrial (encargado de la estandarización). Otra causa en la que influyen los estándares es con los tipo 4, es decir, como ya se menciona, son los estándares que han sido sacados con tiempos cortos de seguimiento de la labor y sin tener en cuenta todos los factores que determinan el estándar.

Figura 1. Proceso de fabricación de la lima RT-6”



Fuente: Implementado por el autor con información de la plataforma informática (AS400) de Empresa Andina de Herramientas S.A.

Como punto de partida, entonces, para identificar en cuáles centros de trabajo enfocar la estandarización, se procede a determinar cuales de las secciones de la empresa tienen más bajas productividades. En la Tabla 1., aparecen resaltadas las secciones con productividades más bajas en el período acumulado de Agosto 1/05 a Julio 31/06, donde se observa que corte, forjas, picadoras y temple son las secciones con más bajas productividades.

Esto se puede observar de igual forma, en la gráfica. 1., al comparar las secciones de corte, forjas, picadoras, y temple. Picadoras se encuentra entre 66.8% y 91.5%

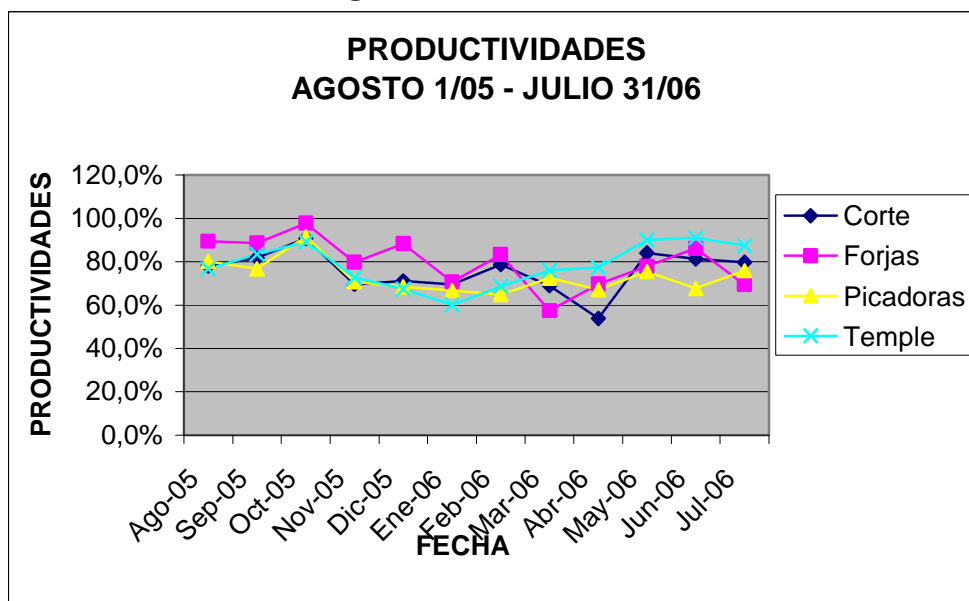
con una productividad más baja en el mes de Febrero de 2.006 de 64.9%, temple cuenta con productividades entre 67.4% y 91.14%, con una productividad de 60.2% como productividad más baja en el mes de enero de 2.006, corte en general se mantiene entre 69.0% y 90.8% y sólo en abril de 2006 presenta una producción baja del 53.8%, lo cual contribuye a que su productividad acumulada sea del 81.9%, en el caso de forjas su productividad se mantiene entre 69.5% y 97.78%, y tiene una productividad más baja en el mes de marzo de 2.006 donde su productividad desciende al 54.7%, para tener, entonces una productividad acumulada de 88.9%.

Tabla 1. Productividades Agosto 1/05 – Julio 31/06

Sección	Productividad Agosto 1/05 - Julio 31/06
Perfilado	98.70%
Trefilado	92.20%
Forjas	88.90%
Corte	81.90%
Rectificado	89.10%
Limadoras	96.80%
Picadoras	79.50%
Temple	87.30%
Empaque	97.60%

Fuente: Implementado por el autor con información de la plataforma informática (AS400) de Empresa Andina de Herramientas S.A.

Gráfica 1. Productividades Agosto 1/05 - Julio 31/06



Fuente: Implementado por el autor con información de la plataforma informática (AS400) de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Finalmente, para seleccionar entre las secciones de corte, forjas, picadoras y temple, en cuales enfocar el trabajo de estandarización, se tiene en cuenta el costo por centro de trabajo para la lima RT-6, que es la de mayor volumen de venta:

Tabla 2. Costo de la lima RT6 por centro de trabajo

Centro de Trabajo	Costo (Labor + Carga Variable)
Perfilado	502.8
Corte y Forjas	71.6
Rectificado	141.3
Limadoras	74.4
Picadoras	83.3
Temple	195.5
Empaque	17.8
TOTAL	1,086.7

Fuente: Implementado por el autor con información de la plataforma informática (AS400) de Empresa Andina de Herramientas S.A..

De los centros de trabajo hallados con más baja productividad en el período agosto 1/05 a julio 31/06, corte, Forjas, picadoras y temple, los más costosos son picadoras y temple de limas, por lo tanto, se realizará la estandarización en estas secciones.

Estas secciones comprenden los siguientes centros de trabajo:

4.3.1. Limar cantos. Consiste en crear una pequeña superficie en el filo en la parte lateral de la lima para posteriormente realizar el picado (Creación del diente de la lima o del canto) del mismo. Esta operación se realiza en las limas planas, triangulares, mediacañas y rectangulares.

4.3.2. Picar cantos. En esta operación se realiza el picado de los bordes de la lima. Esta operación se realiza en las limas planas, triangulares, mediacañas y rectangulares.

4.3.3. Limar caras. Consiste en crear una superficie limpia y totalmente pareja para realizar el picado del cuerpo de la lima. Esta operación se realiza en las limas triangulares.

4.3.4. Picar caras. Se denomina con este nombre a la operación mediante la cual se realiza el picado de la lima en la parte plana, es decir se le realizan los dientes a la lima. Dicho picado y distribución dan características especiales a los diferentes tipos de limas.

4.3.5. Picar curva. Con este nombre se denomina el proceso mediante el cual se realiza el picado de la parte curva en las limas que tienen una parte curva y otra plana. El tipo de picado, cantidad de dientes por línea de picado depende de la referencia de la lima.

4.3.6. Marcar. Consiste en colocar el sello grabado de la marca Collins, Nicholson y Atila en la lima. Su ubicación varía dependiendo de la referencia de la misma.

4.3.7. Revisar y marcar. Esta es una operación nueva producto de las celdas en la que se han unificado la operación de marcar con la revisión de la lima. La operación de revisar la lima era una labor indirecta realizada por un miembro del equipo de calidad. La nueva concepción de celdas de manufactura ha traído como consecuencia que dichas actividades sean realizadas por los mismos operarios de la celda.

4.3.8. Enderezar. En esta operación se endereza las limas que pudiesen estar torcidas producto de las fuertes tensiones a las que son sometidas las mismas durante el proceso.

4.3.9. Desengrase y empaste. En esta operación se le retira la grasa e impurezas que la lima trae, producto de operaciones anteriores, y además se recubre la lima con una pasta especial que protege la lima mientras es templada en la operación siguiente. Para esto, se cuelgan las limas en ganchos que son transportados en una cadena que pasa a través de la cabina de lavado a presión, descende al tanque contenedor de la pasta para cubrir la lima con la misma, pasa al horno de secado y es descolgada para ser llevada a los hornos de temple. La pasta que se utiliza es una formula especial desarrollada por la compañía para proteger la lima de la descarburación en el momento del temple.

4.3.10. Limpiar y decapar. Como su nombre lo indica, en esta operación se retira de la lima la pasta y restos de impurezas dejados por temple, además de la calamina (capa delgada de acero descarburado, lucen como si el acero estuviera descasando) gracias a la interacción con ácido láctico.

4.3.11. Limpieza y afilado. Esta operación consiste hacer una limpieza más profunda de todas las impurezas que pudiesen haber quedado de operaciones anteriores y dar el acabado brillante y pulido a la lima.

4.3.12. Encabar. Esta es una operación a la que son sometidas algunas limas dependiendo de su destino. En ella se procede a colocar cabo a cada lima, este cabo depende de la referencia y destino de la lima.

4.4. METODOLOGÍA DE ESTANDARIZACIÓN

El proceso de estandarización en Empresa Andina de Herramientas S.A. se inicia con el seguimiento de la operación, donde se evalúan y adecuan las condiciones de trabajo teniendo en cuenta los factores de ergonomía y los principios de economía de movimientos, de tal forma que el operario pueda realizar su labor de la manera que menos lo fatigue y que sea la más productiva para la empresa. Una vez se realiza la anterior evaluación, se procede a realizar seguimiento a la labor por espacio no mínimo a 2 horas, este tiempo depende de la complejidad de la labor a evaluar y de la capacidad de asegurar que todos los movimientos y actividades que la persona realiza para la ejecución de su labor hayan sido revisadas y cronometradas. En el tiempo de seguimiento, se divide la actividad manual que realiza la persona en operaciones y si existen máquinas se toman los respectivos tiempos de proceso; de igual forma se toman los tiempos correspondientes a las actividades que realiza el operario y que no le agregan valor al producto pero que son necesarias, como por ejemplo: lubricar la lima, buscar una herramienta o sus necesidades personales. También se toman los tiempos de ciclo, y el número total de unidades procesadas durante el tiempo que se realiza el seguimiento.

Simultáneo al seguimiento, el analista de tiempos observa cuidadosamente la labor del operario y toma todas las mediciones necesarias para realizar el MTM, es decir, distancias de movimiento de las manos, cantidad de pasos al desplazarse, formas de agacharse, peso de los objetos que levanta, formas de agarre de un objeto, Etc. Todas estas mediciones son realizadas con instrumentos de medición, como por ejemplo un flexómetro, lo que garantiza que la realización del MTM, es totalmente objetiva y que no es afectada por el punto de vista del analista de tiempos o la rapidez o experticia del operario.

También se obtiene información histórica de la producción en ese centro de trabajo en un período conveniente, según el producto o referencia. Esta información es obtenida del sistema de la empresa AS400.

Finalmente, la información recolectada por medio del seguimiento, el MTM y la información histórica, de la referencia realizada en el centro de trabajo evaluado, son comparados entre si. La información histórica, permite observar como a través del tiempo, las eficiencias de los operarios han ido cambiando dependiendo de su capacidad para cumplir el estándar. Es decir, que si el estándar es demasiado alto, mostrará eficiencias muy superiores al 100% y viceversa. La información histórica y los tiempos cronometrados permiten validar la información obtenida con el MTM, ya que comprueba que el estándar sacado con este método, es posible de obtener.

Cabe anotar, que el MTM de igual forma brinda la ventaja de notar cuando el operario realiza movimientos de más, ya que en la realización del MTM, sólo se contemplan los necesarios para la realización de la labor.

A continuación, se desarrolla el proceso de estandarización para la lima RT-6, en el centro de trabajo de desengrase y empaste.

Desengrase y empaste lima RT-6”

- **Seguimiento.**

En el seguimiento de la operación de Desengrase y Empaste, se dividió la labor en y actividades: descargar cadena, descargar gancho, cargar gancho y cargar cadena. Se obtuvo un tiempo de ciclo de la labor de 0.319 min. por gancho de 16 limas. Durante este tiempo de evaluación se obtuvieron otros tiempos, no productivos como:

Tabla 3. Otros tiempos de seguimiento de desengrase y empaste

Hora	Tiempo	Actividad
09:55	1,288	Carga mesa
10:06	3,012	Busca mula para correr cajón
10:15	1,684	Carga mesa
10:20	0,339	Organiza lima
10:22	0,692	Organiza lima y la marca
	2,668	Trae mula y se lleva cajón
10:26	1,038	Carga mesa
10:42	1,28	Carga mesa
	0,216	Organiza lima
10:55	0,323	Organiza lima
11:00	1,618	Carga mesa
	0,723	Saca lima de tanque
	2,861	Organiza turno
TOTAL	17,742	

Fuente: Implementado por el autor.

Estos tiempos son necesarios para la ejecución de la labor en el centro de trabajo, sin embargo no le agregan valor al producto.

Fecha: 22/09/2006 Producto: RT-6 T. Tiempo: 95,076 Limas/Hora: **2393** 89 ganchos en la cadena
 Operario: Walter Polanco Operación: Desengrase y Empaste T. Limas: 3792 16 limas/gancho Tiempo por vuelta: 30 min

Tabla 4. Formato de seguimiento de tiempos desengrase y empaste lima RT6”

Time Observation Form

Note: Complete a separate Time Observation Form for each operator.

Desengrase y Empaste

Date: 22/09/2006 Observation time: Part Number: Observer D. Navarro

Observation		Trial										Task Time	Points Observed
Task No.	Task	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Descargar Cadena	0,036	0,043	0,040	0,049	0,042	0,037	0,055	0,043	0,043	0,039	0,042	
		0,048	0,051	0,031	0,036	0,047	0,038	0,037	0,045	0,037	0,037		
2	Descargar Gancho	0,039	0,042	0,045	0,038	0,047	0,042	0,039	0,042	0,041	0,047	0,045	
		0,051	0,043	0,046	0,048	0,064	0,055	0,058	0,038	0,039	0,041		
3	Cargar Gancho	0,167	0,171	0,224	0,146	0,190	0,211	0,158	0,181	0,197	0,160	0,176	
		0,172	0,159	0,220	0,167	0,172	0,173	0,157	0,139	0,191	0,163		
4	Cargar Cadena	0,041	0,039	0,040	0,052	0,065	0,050	0,047	0,062	0,039	0,026	0,053	
		0,096	0,046	0,038	0,036	0,051	0,037	0,071	0,050	0,075	0,092		

Time to 1 cycle **0,316** Fuente:

Implementado por el autor con Formato de Seguimiento de Tiempos de Empresa Andina de Herramientas S.A.

- **MTM- desengrase y empaste de la lima RT-6”.** El formato de MTM mostrado, es de autoría de la Empresa Andina de Herramientas S.A., y comprende una primera parte donde se desarrolla el MTM de la labor realizada, se observa un encabezado con información general de la empresa, producto, operación evaluada, fecha, nombre de la persona que realiza el MTM, aprobado (nombre de la persona que revisa y aprueba el MTM), Referencia y Estudio (información correspondiente al orden de almacenamiento del MTM) y Hoja (numeración de la hoja). También se encuentra en este formato, siete columnas correspondientes a la evaluación bimanual de la actividad. Existen dos columnas para describir la actividad de cada mano, dos columnas para describir el número de veces que se ejecuta la actividad y dos para denotar el código en MTM correspondiente al movimiento realizado, la columna central es para colocar el valor en TMU (Unidad de tiempo de MTM que equivale a 1 TMU=0.00001 Horas) del código en MTM asignado.

Tabla 5. Formato de MTM desengrase y empaste lima RT6”

EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS CALI - COLOMBIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL HOJA DE ANALISIS DE METODOS						
Producto: RT-6P Operación : Desengrase y Empaste		Fecha: 22/09/06 Analista: D. Navarro		Aprobado:		REFERENCIA: ESTUDIO N°: HOJA: 1 de: 2
Descripción Mano Izquierda	Nº	MI	TMU	MD	Nº	Descripción Mano Derecha
Descargar Cadena						
			12.9	R12B	1	Alcanza cartabón en cadena
			2.0	G1A	1	Agarra cartabón
			7.5	D2E	1	Desenganche de cadena
			14.2	M12B*1.06	1	Mueve cartabón hacia dispositivo
			5.6	G2	1	Reagarre
			26.6	P2NSD	1	Posiciona cartabón en dispositivo
			8.5	FM	1	Presiona pedal
						Suelta pedal
Total Descargar gancho			77.3	0.0463824		
Descargar limas de cartabón						
Alcanza limas en gancho	1	R10B	11.5			
Agarra limas en gancho	1	G1A	2.0			
Mueve limas a cajón	1	M16B	15.8			
Suelta limas	1	RL1	2.0			
			12.9	R12B	1	Alcanza limas en caja
			7.3	G4A	1	Agarra limas en caja
Total descargar limas de cartabón			51.5	0.0309		
Cargar limas en cartabón						
			12.2	M10B	1	Mueve limas a tabla
			136.5	P1SSE	15	Posiciona limas
			69.0	M2B	15	Mueve limas acomodando
			5.6	G2	1	Reagarre
			12.2	M10B	1	Mueve limas sobrantes a montón
			2.0	RL1	1	Suelta limas
Alcanza Paleta	1	R10B	11.5			
Agarra Paleta	1	G1A	2.0			
			8.5	FM	1	Presiona pedal
Mueve Paleta a cartabón	1	M10B*1.06	12.9			
Tiempo de enfoque del ojo	1	EFT	7.3			
Posiciona paleta en dispositivo	1	P1NSD	16.0			
Mueve dejando Paleta en cartabón	1	M3B*1.06	6.0			
					1	Suelta pedal
Total Cargar limas en cartabón			301.8	0.181		
Cargar cartabón en cadena						
Regarre de paleta	1	G2	5.6			
Mueve sacando paleta de dispositivo	1	M3B	5.7			
Mueve paleta a posición inicial	1	M10B	12.2			
Suelta paleta	1	RL1	2.0			
			5.6	G2	1	Reagarre de cartabón con limas
			14.9	M12B*1.06	1	Mueve cartabón a cadena
			26.6	P2NSD	1	Posiciona cartabón en cadena
			6.3	M3B*1.06	1	Mueve dejando cartabón en cadena
			2.0	RL1	1	Suelta cartabón en cadena
Total cargar cartabón en cadena			80.9	0.0485406		

Llenar con pasta tanque						
Giro del cuerpo	1	TBC2	37.2			
Camina 26 pasos a pasta	1	W26P	390.0			
Se inclina	1	B	29.0			
Avanza un paso	1	W1P	15.0			
Se levanta	1	AB	31.9			
Camina 3 pasos a pala	1	W3P	45.0			
Alcanza pala	1	R10B	11.5			
Agarra pala	1	G1A	2.0			
Mueve pala sacando de barril	1	M35B	27.3			
Mueve pala a cuerpo	1	M10B	12.2			
Giro del cuerpo a pasta	1	TBC2	37.2			
Mueve levantando pala a pasta	1	M12B	13.4			
Mueve pala metiendo en pasta	1	M14B	14.6			
Mueve pala cargando pasta	1	M6B	8.9			
Mueve pala sacando pasta	1	M14B	14.6			
Giro del cuerpo a tanque	3	TBC2	111.6			
Camina 3 pasos a tanque	3	W3P	135.0			
Mueve pala a tanque	3	M10B	36.6			
Mueve girando pala	3	M10B	36.6			
Mueve sacudiendo pala	6	M6B	53.4			
Mueve sacando pala de tanque	3	M10B	36.6			
Mueve pala a cuerpo	3	M10B	36.6			
Giro del cuerpo	3	TBC2	111.6			
Camina 3 pasos a pasta	3	W3P	135.0			
Camina 2 pasos a barril	1	W2P	30.0			
Mueve levantando pala	1	M12B	13.4			
Mueve pala a barril	1	M10B	12.2			
Mueve dejando pala en barril	1	M35B	27.3			
Suelta pala	1	RL1	2.0			
Giro del cuerpo	1	TBC2	37.2			
Camina 3 pasos	1	W3P	45.0			
Inclina el cuerpo	1	B	29.0			
Avanza un paso	1	W1P	15.0			
Levanta el cuerpo	1	AB	31.9			
Camina 26 pasos a centro de trabajo	1	W26B	390.0			
Total Llenar con pasta tanque			2015.8	1.20948		
Medir la viscosidad de la pasta						
Giro del cuerpo a viscosimetro	1	TBC2	37.2	TBC2	1	Giro del cuerpo a viscosimetro
Camina a traer viscosimetro	1	W42P	360.0	W42P	1	Camina a traer viscosimetro
Alcanza viscosimetro	1	R12B	12.9	R12B	1	Alcanza viscosimetro
Agarra viscosimetro	1	G1A	2.0	G1A	1	Agarra viscosimetro
Mueve viscosimetro a cuerpo	1	M10B	12.2	M10B	1	Mueve viscosimetro a cuerpo
Giro del cuerpo a tanque	1	TBC2	37.2	TBC2	1	Giro del cuerpo a tanque
Camina a tanque	1	W17P	255.0	W17P	1	Camina a tanque
Se agacha	1	S	29.0	S	1	Se agacha
Mueve viscosimetro a pasta	1	M16B	15.8	M16B	1	Mueve viscosimetro a pasta
Posiciona viscosimetro en pasta	1	P1NSE	10.4	P1NSE	1	Posiciona viscosimetro en pasta
Suelta viscosimetro	1	RL1	2.0	RL1	1	Suelta viscosimetro
Espera						Espera
Tiempo de enfoque del ojo	1	EFT	7.3	EFT	1	Tiempo de enfoque del ojo
Alcanza viscosimetro	1	R16B	15.8	R16B	1	Alcanza viscosimetro
Agarra viscosimetro	1	G1A	2.0	G1A	1	Agarra viscosimetro
Mueve viscosimetro a cuerpo	1	M14B	14.6	M14B	1	Mueve viscosimetro a cuerpo
Se levanta	1	AS	31.9	AS	1	Se levanta
Giro del cuerpo a chorro con agua	1	TBC2	37.2	TBC2	1	Giro del cuerpo a chorro con agua
Camina a chorro con agua	1	W4P	60.0	W4P	1	Camina a chorro con agua
Mueve viscosimetro a chorro	1	M10B	12.2	M10B	1	Mueve viscosimetro a chorro
Posiciona viscosimetro en chorro	1	P1NSE	10.4	P1NSE	1	Posiciona viscosimetro en chorro
Mueve viscosimetro a cuerpo	1	M10B	12.2	M10B	1	Mueve viscosimetro a cuerpo

Para el caso del MTM de Desengrase y Empaste, la labor ha sido dividida en cuatro operaciones: descargar cadena, descargar gancho, cargar gancho y cargar cadena. Cada una de ellas ha sido descrita en sus respectivos movimientos y evaluada según la metodología MTM.

La Tabla No. 6 comprende una hoja de resumen con el mismo encabezado, donde aparecen las operaciones antes descritas con sus respectivos TMU, y se obtiene finalmente la equivalencia de estas evaluaciones en minutos. (1 TMU =0.0006 min.) Cada operación es afectada por un 20% de tiempos suplementarios (dados por la Empresa) y correspondientes a:

Tabla 7. Tiempos suplementarios de Empresa Andina de Herramientas S.A.

Suplemento	Valor Porcentual Suplementario
Necesidades Personales	5%
Fatiga	6%
Manejo de Material	5%
Limpieza y Aseo	2%
Lubricación	2%
Total	20%

Fuente: Suplementos otorgados en el proceso de estandarización por parte del departamento de Ingeniería Industrial de Empresa Andina de Herramientas S.A..

También se denota la frecuencia de realización de dicha operación por cantidad de limas y adicionalmente se colocan otras operaciones que son necesarias tener en cuenta para la realización del proceso, pese a que no le representen valor agregado al producto.

Para el caso de desengrase y empaste, se realizó el anterior procedimiento y se colocaron dos operaciones que son necesarias para la labor como son: cargar la mesa de trabajo con limas y primer tiempo de cargue y descargue de la cadena, correspondiente al tiempo que tarda la cadena en ser llenada y vaciada al inicio y finalización del turno de trabajo, respectivamente.

Se puede observar entonces finalmente el valor del estándar obtenido para la operación, que en este caso es de 2.290 UPH, en cuyo caso fue comprobado con el seguimiento anteriormente descrito y que arrojó una productividad de 104.48%.

- **Historia.**

Tabla 8. Historia de producción lima RT6” Agosto 1/05 Julio 31/06

Operario	Unidades Buenas	Horas Productivas	Horas Ganadas	Eficiencia	Productividad
Cundumi S. Jose	88.661	48,9	47,98	98,11%	98,11%
Davila V. Derian	902.321	505	488,27	96,69%	96,69%
Miranda M. Julio C	13.894	7,7	7,52	97,64%	97,64%
Mendoza A. Pedro	9.909	5,2	5,36	103,12%	103,12%
Palacios S. Jean	12.305	6,8	6,66	97,92%	97,92%
Polanco J. Walter	693.847	385,5	375,46	97,40%	97,40%
Carabali O. Misael	79.210	41,6	42,86	103,03%	103,03%
	1.800.147	1.001	974,11	97,34%	97,34%

Fuente: Implementado por el autor con información de la plataforma informática (AS400) de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Esta historia fue obtenida con el estándar histórico del sistema 1.848 unidades por hora.

Como se puede observar las eficiencias de los operarios en esta sección se encuentran por encima del 96%, lo cual indicaría que el estándar actual es el adecuado para la realización del trabajo. Sin embargo, al realizar una investigación sobre la forma en la cual los operarios están haciendo los reportes diarios de producción, se descubre que ellos están reportando el número de unidades producidas correctamente, pero en el momento de reportar las horas en las cuales hicieron dicho trabajo, reportan las horas que obtienen de dividir la unidades buenas entre el estándar, lo cual les arroja un dato optimo del desempeño, pero no real, esto, por lo tanto no permite detectar las improductividades de la labor.

Con respecto a lo anterior se tomaron las medidas correctivas respectivas para que los operarios hagan los reportes de la forma adecuada.

Por todo lo anterior, la información histórica en este centro de trabajo no es confiable para la toma de decisiones, con respecto a la nueva estandarización.

- **Análisis.** Para la estandarización del centro de trabajo de desengrase y empaste se organizó el centro de trabajo teniendo en cuenta la economía de movimientos, distancias adecuadas para la ejecución del centro de trabajo, la ergonomía y la utilización de los implementos necesarios para la realización de la labor. De lo anterior, se implementó la utilización de un carro para descargar las

limas que salían procesadas, lo cual elimina el problema ergonómico de agacharse a nivel del piso para dejar la lima en cajones y elimina el exceso de movimientos, ya que la persona normalmente descargaba las limas en cajones que posteriormente debían volverse a descargar, mientras que con el carro se elimina el movimiento de descargar para el siguiente centro de trabajo. Además se retiraron mesas y otros elementos no necesarios para la ejecución de la tarea. Se tiene también, que por medio del seguimiento se obtuvieron 2.393 unidades/hora, y que además se tiene un tiempo de ciclo de 0.316 min., lo cual arrojaría un total de 3.042 limas/hora.

Estos valores obtenidos del seguimiento superan el estándar M.T.M. que fue de 2.290 Unidades/Hora, lo cual comprueba el estándar obtenido.

- **Estándares picadoras y temple.** En la Tabla No. 9, que se muestra a continuación, se listan los estándares realizados en las secciones de picadoras y temple, para la presente pasantía. En la Tabla No. 9 se observa la referencia, operación estandarizada y los estándares anteriores y nuevos. En los anexos del No. 1 al 10, se muestran los MTM con sus respectivos formatos y Resúmenes de algunos de los procesos estandarizados. No se muestran todos los MTM de los procesos por tratarse de formatos similares entre si, y por ser esta información confidencial y de manejo interno en Empresa Andina de Herramientas S.A.

Tabla 9. Estándares picadoras y temple

Item	Referencia	Operación	Estándar Anterior	Estándar Nuevo
Picadoras				
1	8" HOE LIMA P/SETS	Picar Caras	200	220
2	M-8F LIMA TRIA. MEC. NICHOLSON	Picar Caras	100	83
3	R-4B LIM. REC. BASTARD.	Picar Caras	529	146
4	TS-4 SQ	Picar Caras	67	103
5	TS-4 B	Picar Caras	72	111
6	TS-8 B	Picar Caras	100	105
7	12" LIMA THAI SPECIAL NICHOLSON	Picar Cantos	330	230
8	HR-8BP LIMA MEDIACAÑA P/SETS	Picar Curva	99	80
9	HR-8BP LIMA MEDIACAÑA P/SETS	Picar Curva	99	65
10	HR-8BP LIMA MEDIACAÑA SETS USA	Picar Curva	99	80
11	HR-8BP LIMA MEDIACAÑA	Picar Curva	99	65

	SETS USA			
12	RT-6 LIMA RE/ANT/EMPAC	Limar Caras	1266	945
	RT-6 LIMA COLLINS RE/ANT/EMPAC	Limar Caras	1266	945
	RT-6P PICADA POR LAS CARAS	Limar Caras	1266	945
	RM-6 LIMA REG. MACHET.MEXICO	Limar Caras	1266	945
	RT-6 LIMA RE/ANT/EMPAC	Picar Caras	700	945
	RT-6 LIMA COLLINS RE/ANT/EMPAC	Picar Caras	700	945
	RT-6P PICADA POR LAS CARAS	Picar Caras	700	945
	RM-6 LIMA REG. MACHET.MEXICO	Picar Caras	700	945
	RT-6 LIMA MACHETE BLUNT	Picar Caras	700	945
	RT-6 LIMA TRIANGULAR IMACASA	Picar Caras	700	945
	RT-6 LIMA RE/ANT/EMPAC	Revisar y marcar	2000	945
	RT-6 LIMA COLLINS RE/ANT/EMPAC	Revisar y marcar	2000	945
	RM-6 LIMA REG. MACHET.MEXICO	Revisar y marcar	2000	945
	RT-6 LIMA TRIANGULAR IMACASA	Revisar y marcar	2000	945
13	RT-8 LIMA REVISADA ANT/EMPACAR	Limar Cantos	534	320
	RT-8P LIMA PAREJA REVISADA ANT	Limar Cantos	534	320
	RT-8 LIMA REVISADA ANT/EMPACAR	Picar Cantos	444	320
	RT-8 LIMA REVISADA ANT/EMPACAR	Limar Caras	1086	320
	RT-8P LIMA PAREJA REVISADA ANT	Limar Caras	1086	320
	116-8 LIMA TRIANGULAR ATILA	Limar Caras	1086	320
	RT-8P LIMA PAREJA REVISADA ANT	Marcar	1887	320
	116-8 LIMA TRIANGULAR ATILA	Marcar	1887	320

	116-8 LIMA TRIANGULAR ATILA	Limar Caras	1887	320
14	8" FOUR IN HAND LIMA SETS	Picar Curva HR	100	100
	8" FOUR IN HAND LIMA SETS	Picar Curva y Plana	180	100
	8" FOUR IN HAND LIMA SETS	Picar escofina	70	100
Temple				
1	DE-9 LIMA D. ENDER NICHOLSON	Desengrase y Empaste	1149	1838
2	DE-9 LIMA DE. ENDER NICHOLS. MEXIC,	Desengrase y Empaste	1149	1838
3	DE-9 LIMA D. ENDER K&F	Desengrase y Empaste	1149	1838
4	RT-7 TRINAG. NICHOLSON	Desengrase y Empaste	1495	2236
5	RT-7 LIMA NICHOLSON MACH. BRASIL	Desengrase y Empaste	1495	2236
6	RT-7 LIMA NICHOLSON REG. BRASIL	Desengrase y Empaste	1495	2236
7	RT-6 MARCADA ANTES D/EMPACAR	Desengrase y Empaste	1842	2290
8	RT-6 LIMA COLLINS RE/ANT/EMPAC	Desengrase y Empaste	1848	2290
9	RT-6 LIMA RE/ANT/EMPAC	Desengrase y Empaste	1848	2290
10	ST-6 LIMA TRIAN. DELG. NICHOLSON	Desengrase y Empaste	2299	2294
11	ST-6 LIMA TRIAN. NICHOLSON SET	Desengrase y Empaste	2299	2294
12	8" FOUR IN HAND LIMA SETS	Desengrase y Empaste	1379	1528
13	MILL-10 AZULADA SETS	Desengrase y Empaste	1704	805
14	HR-8BP LIMA MEDIA CAÑA P/SETS	Desengrase y Empaste	1035	1874
15	HR-8B N LIMA MEDIA C. NICHOLSON	Desengrase y Empaste	1035	1874
16	HR-8BP LIMA MEDIA C. SETS USA	Desengrase y Empaste	1035	1874
17	R-6B N LIMA REDONDA NICHOLSON	Desengrase y Empaste	2299	3578

18	R-6B LIMA RED. NICHOLSON SET	Desengrase y Empaste	2299	3578
19	R-6BP LIMA RED NICHOLSON WORKFORCE	Desengrase y Empaste	2299	3578
20	R-8B N LIMA REDONDA NICHOLSON	Desengrase y Empaste	2299	2700
21	R-8 LIM. RED. BASTARD	Desengrase y Empaste	2299	2700
22	R-8B LIMA RED NICHOLSON SET	Desengrase y Empaste	2299	2700
23	R-8BP LIMA RED. NICHOLSON WORKFORCE	Desengrase y Empaste	2299	2700
24	DE-7 LIMA D. ENDER K&F BRASIL	Desengrase y Empaste	1149	3536
25	DE-7 LIMA D. ENDER NICHOLSON	Desengrase y Empaste	1149	3536
26	DE-7 LIMA D. ENDER NICHOLSON MEXICO	Desengrase y Empaste	1149	3536
27	DE-7 LIMA D. ENDER NICHOLSON BRASIL	Desengrase y Empaste	1149	3536
28	DE-8 LIMA D. ENDER NICHOLSON	Desengrase y Empaste	1149	3578
29	LIMA D. ENDER K&F BRASIL	Desengrase y Empaste	1149	3578
30	DE-8 LIMA D. ENDER NICHOL.MEXICO	Desengrase y Empaste	1149	3578
31	DE-8 LIMA D. ENDER K&F	Desengrase y Empaste	1149	3578
32	DE-8 LIMA NICHOLSON BRASIL	Desengrase y Empaste	1149	3578
33	RT-4 LIMA TRIANG. NICHOLSON	Desengrase y Empaste	2299	3578
34	RT-4 LIMA NICHOLSON REG. BRASIL	Desengrase y Empaste	2299	3578
35	DE-10 LIMA D. ENDER NICHOLSON	Desengrase y Empaste	1149	2700
36	DE-10 LIMA D. ENDER NICHOLSON MEXICO	Desengrase y Empaste	1149	2700
37	DE-10 LIMA D. ENDER. K&F	Desengrase y Empaste	1149	2700
38	DE-10 LIMA D. ENDER NICHOLSON BRASIL	Desengrase y Empaste	1149	2700

39	8" HOE LIMA P/SETS	Decapado y Limpieza a Presión	1901	1568
40	MILL-10 AZULADA SETS	Decapado y Limpieza a Presión	1901	1599
41	RM-6 LIMA REG. MACHETE MEXICO	Decapado y Limpieza a Presión	1901	2131
42	8" FOUR IN HAND LIMA SETS	Decapado y Limpieza a Presión	1901	1856
43	F-10B LIMA PLANA NICHOLSON	Decapado y Limpieza a Presión	1901	1067
44	ST-6 LIMA TRIAN. NICHOLSON SET	Decapado y Limpieza a Presión	1901	3379
45	RT-10 LIMA TRIANG. NICHOLSON	Glass Bead	2700	2116
46	8" FOUR IN HAND LIMA SETS	Troquelar 1 Punta	600	660
47	R-4B LIMA REDONDA NICHOLSON	Enderezar	187	235
48	R-4B LIMA REDONDA BASTARDA	Enderezar	187	235
49	R-6BP LIMA RED. PAR. AZULAD/SETS	Enderezar	344	250
50	R-6B LIMA RED./SET 8 MASTERCRAFT	Enderezar	344	250
51	R-6B N LIMA REDONDA NICHOLSON	Enderezar	344	250
52	R-6B LIMA REDONDA BASTARDA USA	Enderezar	344	250
53	R-6BP LIMA REDONDA NICHOLSON WORKFORCE	Enderezar	344	250
54	R-8BP LIMA RED. PARALELA P/SETS	Enderezar	324	125
55	R-8B LIMA REDONDA SETS MASTERCRAFT	Enderezar	324	125
56	R-8B N LIMA REDONDA NICHOLSON	Enderezar	324	125
57	R-8 LIM. RED. BASTARDA	Enderezar	324	125

58	R-8BB LIMA REDONDA NICHOLSON BRASIL	Enderezar	324	125
59	R-8BP LIMA REDONDA NICHOLSON WORKFORCE	Enderezar	324	125
60	RT-6 LIMA NICHOLSON MACHETE BRASIL	Enderezar	300	220
61	RT-6 LIMA NICHOLSON REG. BRASIL	Enderezar	300	220
62	RT-6 LIMA MACHETE BLUNT	Enderezar	300	220
63	RT-6 LIMADA ANTES DE PICAR	Enderezar	300	220
64	8" FOUR IN HAND LIMA SETS	Enderezar	Op. Nueva	140
65	MI-6 LIMA MILL ENCABADA P/SETS	Encabar	Op. Nueva	500
66	MI-6 LIMA MILL ENCABADA P/SET 15PC	Encabar	Op. Nueva	500
67	R-6BP LIMA REDONDA PARALELA ENC. SETS	Encabar	Op. Nueva	500
68	R-6BP LIMA REDONDA PARALELA ENC. SET 15PC	Encabar	Op. Nueva	500
69	R-6B LIMA REDONDA ENC. SET/3 MASTERCRAFT	Encabar	Op. Nueva	500
70	ST-6PC LIMA TRIANG. DELG. ENC. P/SETS	Encabar	Op. Nueva	500
71	ST-6PC LIMA TRIANG. DELG. ENC. P/SET 15PC	Encabar	Op. Nueva	500
72	ST-6 ENCABADA	Encabar	Op. Nueva	500
73	R-6BP LIMA RED. NICHOLSON WORKFORCE	Encabar	Op. Nueva	990

Fuente: Implementado por el autor con información de la plataforma informática (AS400) de Empresa Andina de Herramientas S.A. y la presente pasantía.

4.5. IMPLEMENTACION DE CELDAS MANUFACTURA

Aunque la que se expone en este trabajo fue desarrollada para la referencia de lima RT-6", la metodología que se utilizó fue básicamente la misma para la implementación de las siguientes celdas de manufactura:

- Limas RT – 7" – 8" – 9" – 10".

- Limas Mill – 6” – 10”, Hoe – 8”, Thai – 12”, HR – 8”.
- Limas DE – 8” – 9” – 10”, ST – 6”, RT – 4” – 5”.
- Lima 4 in hand – 8”.

En línea con la necesidad optimizar los procesos para obtener una mayor eficiencia en la labor productiva, e inducida por la decisión corporativa de trasladar la producción de varias referencias de limas con sus respectivas operaciones máquinas a la planta de Colombia, además del interés en optimizar las operaciones actuales, la empresa ha optado por la aplicación de la metodología de los eventos *Kaizen* para implementar varias celdas de manufactura en la sección de limadoras y picadoras, puesto que estas son las operaciones que realmente hacen diferente una clase de lima de la otra. “*Kaizen* es un excelente método para acelerar la mejora de cualquier tipo de proceso. Involucra la aplicación de métodos Lean en procesos de manufactura”⁹. Estos eventos se desarrollaron en el transcurso de una semana cada uno, tal como lo indica la metodología, y contaron con la participación de los operarios quienes realizan dichas operaciones, el supervisor de la sección, el supervisor de mantenimiento mecánico o eléctrico, el gerente de ingeniería y proyectos o el de producción (quien hace las veces de líder del evento), y un representante del departamento de ingeniería industrial. Con la conformación de un equipo multidisciplinario se pretende abarcar al máximo todas las posibles áreas del conocimiento que puedan ser aplicables la hora de resolver un problema dado, porque como lo indican los supuestos *Kaizen* citados en el marco teórico: “Es mejor confiar en el juicio de 10 personas que en el de una sola”.

Se desarrollaron uno a uno los pasos del *Kaizen* haciendo énfasis en que se estaba implementando una celda de manufactura y por lo tanto se necesitó balancear la línea.

4.5.1. Análisis de las causas. La empresa tiene una distribución de planta basada en los procesos, y no necesariamente en la secuencia que las operaciones lo requieren. Esto significa que el material debe recorrer prácticamente toda la planta para ser procesado, lo que obliga a producir por lotes; los cuales consisten en la cantidad que pueda contener un “Carro” (puede ser un cajón. los cuales tienen tres paredes, con ruedas o sin ruedas). Dicha cantidad de limas varía según el tamaño de cada una de ellas, pero siempre en miles de unidades. Se presentan entonces los siguientes problemas que es necesario resolver para cada referencia a la que se implemente una celda de manufactura:

- Lotes de transferencia muy grandes, que se traducen en largos tiempos de entrega a la siguiente operación.
- Acumulación de gran cantidad de inventario en proceso.

⁹ GEORGE, M.L., ROWLANDS, D. Y PRICE, Op. cit., p. 20

- Pérdida de tiempo por parte de los operarios porque deben esperar hasta que les llegue el carro o en su defecto ir por él al centro de trabajo donde se realiza la operación anterior en otra sección de producción. Aquí la persona incurre en tiempo improductivo por falta de material para trabajar y por tener que ir por él, lo que evidentemente afecta su productividad diaria.
- Tiempos improductivos, por las mismas razones expresadas en el ítem anterior, que causan la disminución de la rata de salida de unidades procesadas en las operaciones. Se están produciendo menos unidades que las que verdaderamente se deberían producir.
- Los defectos en el material procesado se detectan en la operación siguiente, después de haber procesado miles de unidades (Por lo general después de procesar un carro completo), lo que incrementa el porcentaje de desperdicio en cada operación, y por lo tanto, ya se tiene un problema de calidad.
- Es necesario mantener carros en el área, cada uno de ellos pesa alrededor de 600 Kg. Aquellos carros que no tienen ruedas son transportados con gato hidráulico manual. En ambos casos existe el riesgo de que se volteen por transportar grandes pesos y peor aún, que caigan sobre una persona. Esto constituye un problema de seguridad industrial.
- Se presentan también problemas de tipo ergonómico o locativo por herramientas inadecuadas, falta de mantenimiento de las máquinas, falta de iluminación, ventilación, etc.

4.5.2. Documentación de la realidad. En esta etapa inicial del evento *Kaizen* se recogen datos de los procesos como el estándar de producción, tiempos de ciclo y los tiempos de todas las actividades que los operarios realizan normalmente en el transcurso de un turno normal. Estos datos fueron tomados mediante medición de tiempo con cronómetro. Los estándares de las operaciones que se involucrarán en la celda son los siguientes:

Tabla 10. Estándares de proceso antes de la celda

Operación	Inv. proceso (Und)	Estándar (Und/hr)
Limadora de cantos	12.000	952
Picado de cantos	5.000	985
Limado de caras	5.000	1266
Picado de caras	11.000	700
Revision (Indirecto)	2.600	1167
Marcadora	4.000	1996

Fuente: Implementado por el autor con información de la plataforma informática (AS400) de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Las siguientes tablas contienen la información tomada de cada operación:

Tabla 11. Tiempos de proceso de limadoras de cantos

LIMADORAS DE CANTOS				
	T UNITARIO (Min)	No. Veces	Minutos / turno	Tiempo / Und
Tiempo de ciclo	3.650			0.051
Cambio de stripper	6.000	2	12.000	0.001
Engrase	2.000	5	10.000	0.001
Traer carro	2.000	2	4.000	0.000
Aseo	1.000	15	15.000	0.002
Necesidades personales	1.000	15	15.000	0.002
Almuerzo	1.000	45	45.000	0.005
T. CICLO (min)				0.0619
T. NO AGREGA VALOR (hr)			1.683	
T. AGREGA VALOR (hr)			7.917	
Unidades por turno			9,370	
Unidades por hora			976	

Fuente: Implementado por el autor por medio de mediciones directas en el centro de trabajo.

Tabla 12. Tiempos de proceso de picadoras de cantos

PICADORAS DE CANTOS				
	T UNITARIO (Min)	No. Veces	Minutos / turno	Tiempo / Und
Tiempo de ciclo	0.383			0.0479
Cambio de cinceles(despique)	1.000	7	7.000	0.0008
Limpiar bases	5.000	2	10.000	0.0011
Engrase	1.000	15	15.000	0.0017
Traer carro	2.000	2	4.000	0.0004
Aseo	15.000	1	15.000	0.0017
Necesidades personales	15.000	1	15.000	0.0017
Almuerzo	45.000	1	45.000	0.0050
T. CICLO (min)				0.0603
T. NO AGREGA VALOR (hr)			1.850	
T. AGREGA VALOR (hr)			7.750	
Unidades por turno			9,704	
Unidades por hora			1,011	

Fuente: Implementado por el autor por medio de mediciones directas en el centro de trabajo.

Tabla 13. Tiempos de proceso de limadoras de caras

LIMADORA DE CARAS				
	T UNITARIO (Min)	No. Veces	Minutos / turno	Tiempo / Und
Tiempo de ciclo	1.500			0.0300
Cambio stripper	6.000	2	12.000	0.0008
Engrasar maquina	5.000	2	10.000	0.0007
Traer carro	3.000	2	6.000	0.0004
Aseo	20.000	1	20.000	0.0013
Necesidades personales	15.000	1	15.000	0.0010
Almuerzo	45.000	1	45.000	0.0030
T. CICLO (min)				0.0372
T. NO AGREGA VALOR (hr)			1.800	
T. AGREGA VALOR (hr)			7.800	
Unidades por turno			15,600	
Unidades por hora			1,625	

Fuente: Implementado por el autor por medio de mediciones directas en el centro de trabajo.

Tabla 14. Tiempos de proceso de picado de caras

PICADO DE CARAS				
	T UNITARIO (Min)	No. Veces	Minutos/turno	Tiempo / Und
Tiempo de proceso	0.050		0.600	0.050
Descargue y cargue y revision	0.013		0.150	0.013
Mantenimiento	66.667	1	66.667	0.013
Cambio colchones	2.000	13	26.000	0.005
Cambio de cinceles (Y despique)	3.000	21	63.000	0.013
Lubricar el martillo	1.000	8	8.000	0.002
Limpiar bases(mitad tiempo)	2.000	5	10.000	0.002
Aceitado de limas	2.000	10	19.500	0.004
Mover ganchos a carro	0.200	20	4.000	0.001
Traer ganchos	3.000	3	9.000	0.002
Traer aceite	3.000	3	9.000	0.002
Cambio gatillo	6.000	1	6.000	0.001
Aseo (incluye reporte)	30.000	1	30.000	0.006
Necesidades personales	5.000	3	15.000	0.003
Almuerzo	45.000	1	45.000	0.009
T. CICLO (min)				0.125
T. NO AGREGA VALOR (hr)			4.075	
T. AGREGA VALOR (hr)			5.525	
Unidades por hora			548	
Unidades por turno			5,259	

Fuente: Implementado por el autor con información de Empresa Andina de Herramientas S.A.

Tabla 15. Tiempos de proceso de marcado

MARCADO				
	T UNITARIO (Min)	No. Veces	Minutos / turno	Tiempo / Und
Marcar	0.025			0.025
Mover banda a marcadora	0.100	15	1.500	0.000
Mover a carro	0.100	15	1.500	0.000
Aseo	15.000	1	15.000	0.001
Necesidades personales	15.000	1	15.000	0.001
Almuerzo	45.000	1	45.000	0.002
T. CICLO (min)				0.029
T. NO AGREGA VALOR (hr)			1.300	
T. AGREGA VALOR (hr)			8.300	
Unidades por turno			19,920	
Unidades por hora			2,075	

Fuente: Implementado por el autor por medio de mediciones directas en el centro de trabajo.

Las tablas desde la 10 a la 15, permiten identificar los tiempos de ciclo de cada operación, así como las unidades por hora y por lo tanto las unidades que se producen durante un turno. Claramente se observa que la operación cuello de

botella es decir, la operación que tiene un tiempo de ciclo mayor al de las demás operaciones, en este caso lo constituye la operación de picar caras, que aunque tiene un estándar de 700 unidades por hora, realmente procesa 548 debido a las tareas de más que el operario debe realizar en dicho centro de trabajo.

Algunas de las tareas extra que el operario realiza durante el día realmente no le agrega valor al producto, por lo tanto es necesario encontrar la manera de eliminarlas completamente, ya que según la filosofía *Lean Manufacturing*, estas constituyen un desperdicio.

4.5.3. Planear medidas de mejora. Esta etapa tiene dos momentos: en el primero se analizan los datos actuales recogidos del proceso para planear medidas de mejora en el método de trabajo de cada operación; en el segundo momento se analizan todos aquellos problemas que tienen que ver directamente con el centro de trabajo, tales como iluminación, ventilación, mantenimiento, herramientas, accesorios, etc.

Es importante indicar que el análisis del método actual se hace con base a los métodos MTM vigentes para cada operación, lo que ayuda a detectar si se ha presentado un cambio del método por parte de los operarios (lo cual ocurre con mucha frecuencia debido a las habilidades propias de cada quien), o si por el contrario se hace necesario cambiar parcial o totalmente el método. En caso tal, se desarrolla un nuevo método de trabajo con su respectivo MTM, el cual será validado al momento de realizar las corridas de comprobación en la etapa de verificación de resultados del evento *Kaizen*.

“Al ubicarse en las tablas de información actual de cada operación, en la columna de tiempo unitario de cada actividad se han diferenciado tres colores según la necesidad y el valor que agregan al producto”¹⁰:

- **Color verde:** Identifica aquellas actividades que realmente agregan valor a un producto, es decir, las que tienen que ver directamente con cambios físicos en el material. Perfilado, forjado, rectificado, y las demás, en sí mismas son ejemplos de operaciones que agregan valor al producto.
- **Color amarillo:** Se asigna a aquellas actividades que no agregan le agregan valor al producto, pero sí al negocio como tal, ya que es necesario realizarlas para llevar a cabo la producción. Las actividades de color amarillo, si bien no se pueden eliminar por su necesidad, deben ser reducidas al máximo. Ejemplos de este tipo de actividad son las capacitaciones a los operarios en temas de seguridad industrial, paradas para mantenimiento preventivo, aseo de las máquinas y de la

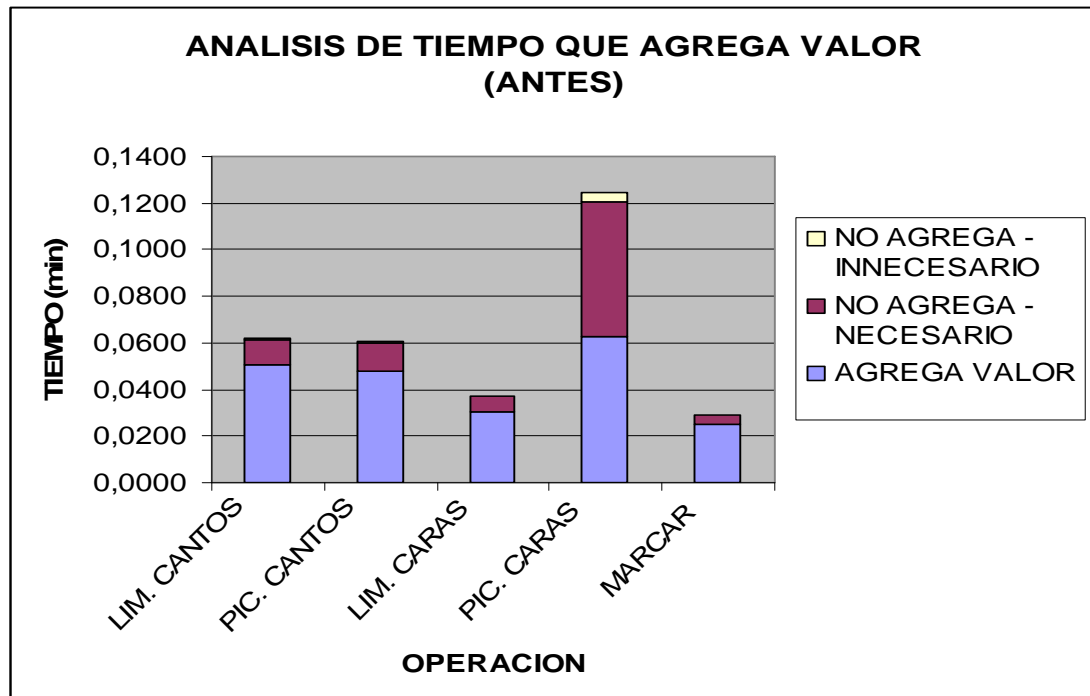
¹⁰ L.P. Balanceo de línea. Capacitación MVP. [CD-ROM]. Monterrey: George Group Consulting, 2004. 1 CD-ROM.

sección en general, modificación en los procesos por regulaciones ambientales, etc.

- **Color rojo:** Está explícitamente reservado para las actividades que no agregan ningún valor al producto y que tampoco son necesarias para la producción. Este tipo de actividades es muy frecuente en las empresas, sobretodo en plantas con distribución por proceso, y son la causa de una gran parte de la ineficiencia de las mismas. Definitivamente, se deben eliminar todas las tareas de color rojo. Ejemplos de estas actividades son: reproceso de material, movimientos repetidos en una misma operación, esperas por movimiento, desplazamientos por ir a traer material o herramientas, etc.

Finalmente, el análisis de tiempo que agrega valor a cada operación se simplifica en la siguiente figura:

Gráfica 2. Tiempo que agrega valor en las operaciones de la celda RT6”



Fuente: Implementado por el autor con información de Empresa Andina de Herramientas S.A.

Este gráfico muestra de una mejor manera que la operación de picar caras tiene un tiempo de ciclo que casi dobla el de las otras operaciones. Esto se debe a que este proceso depende de varias actividades que afectan el tiempo de ciclo del mismo. Las operaciones limar cantos y picar cantos tienen tiempos de ciclo casi iguales. Las operaciones limado de caras y marcado tienen tiempos de ciclo relativamente bajos en comparación con el resto.

En la empresa siempre fue necesario reubicar las máquinas a su nueva posición en la respectiva celda de manufactura, de manera que el nuevo plano (o al menos la definición de las nuevas posiciones de las máquinas) se realiza también en esta etapa.

En el segundo momento de la etapa de planeación de medidas para mejorar, se realizó un listado de problemas que tienen que ver directamente con el centro de trabajo. A continuación se presenta una lista con algunas de esas actividades, en total, el número de actividades puede ser mayor a 200. Para efectos de este trabajo solo se presentan unas cuantas a manera de ejemplo:

Tabla 16. Desafíos por mejorar en la implementación de la celda

	TAREA
1	Colocar la marcadora junto a la celda y tener disponible un inspector
2	Riesgo al trasladar material con mula manual de rectificado a limado de cantos
3	Aumentar unidades picadas por cincel
4	Otra persona aceite las limas
5	Otra persona limpie las bases
6	Rediseñar carros de limas de transporte de rectificado a limadoras (colocar elevador o carros con patas abiertas)
7	Mejorar disponibilidad de las maquinas de la celda
8	Reorganizar maquinas para eliminar carros de transporte
9	Dispensador de aceite para limas
10	Guantes de hilaza con recubrimiento plastico
11	Dispensador de aceite para limas a picar
12	Listado de herramientas requeridas en cada maquina
13	Cambio boquillas de volteo
14	Terminar los 2 juegos de bases actuales
15	Orden de compra del 3er juego lanzada
16	Generar orden de compra por 4to juego de bases
17	Mover limadoras mas cerca de picadoras
18	Mesas para almacenar material entre maquinas

Fuente: Implementado por el autor.

Estas tareas se asignan a un responsable que puede ser miembro del equipo o bien puede ser de cualquier área de apoyo, como mantenimiento eléctrico y mecánico o compras, y se fijan fechas de entrega para cada una de ellas. El plazo máximo para la culminación de todas las tareas, ya que es imposible realizarlas todas en tan solo 5 días, es de un mes. Durante este tiempo se hace un seguimiento al desempeño de la celda de manufactura para evaluar el cumplimiento de la productividad propuesta.

Como es imposible incluir a todos los trabajadores en un mismo *Kaizen*, siempre habrá quienes no reciban el entrenamiento como tal y por lo tanto esto se convierte en un obstáculo para que se presenten los resultados esperados de manera inmediata. Esto se debe a que dichas personas aún conservan las viejas metodologías y costumbres de trabajo, de manera que, como no han tenido la

experiencia de un *Kaizen*, les es más difícil la visualización de un flujo continuo de material en el proceso y por lo tanto su adaptación al cambio es más lenta.

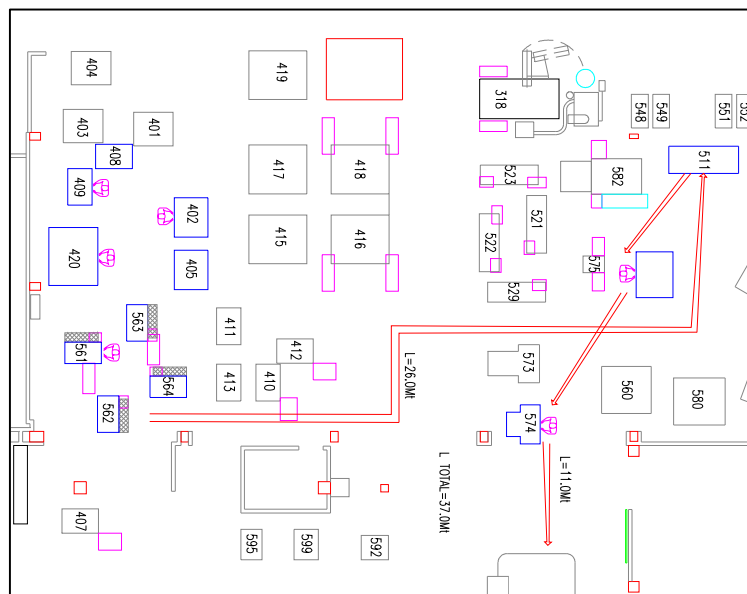
Un mes después de terminado el evento *Kaizen*, se verifica el cumplimiento de las tareas que quedaron pendientes así como el cumplimiento de la productividad, y se procede al cierre definitivo del proyecto.

4.5.4. Implementación de los cambios propuestos. Para esta etapa se dedica todo un día para ejecutar traslado e instalación de maquinaria, la implementación de las primeras 3'S del programa 5'S ya expuestas en el marco teórico (debido al poco tiempo disponible) y para mejores condiciones locativas como iluminación, ventilación, arreglo de pisos, demarcación de pisos, etc.

Las distribuciones de las máquinas para el antes y el después se presentan a continuación:

Antes:

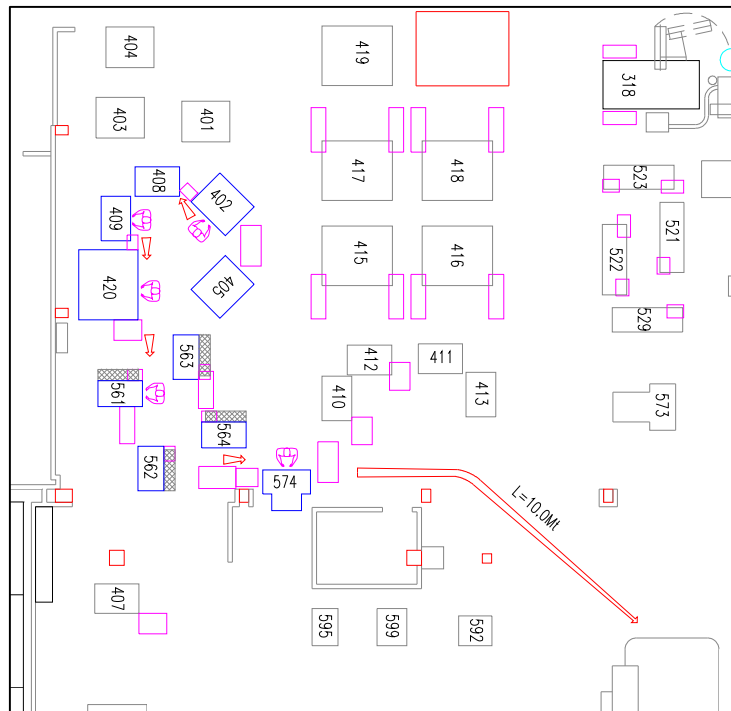
Figura 2. Distribución en planta de los centros de trabajo antes de la implementación de la celda



Fuente: Archivo de planos Generales de Distribución en Planta de Empresa Andina de Herramientas S.A.

Después:

Figura 3. Distribución en planta de los centros de trabajo después de la implementación de la celda



Fuente: Archivo de planos Generales de Distribución en Planta de Empresa Andina de Herramientas S.A.

El desplazamiento del material entre las secciones de Picadoras y Limadoras se redujo a unos cuantos metros con la nueva distribución en celda.

Con base en el análisis de tiempos que agregan valor, el grupo decidió balancear la línea conservando la operación de picar caras como cuello de botella, pero esta vez eliminándole todas las actividades que no le agregan valor a las limas, es decir, las de color amarillo y rojo, asignándolas a los operarios de los centros de trabajo con tiempos de ciclo más cortos.

El equipo *Kaizen* tomó la decisión de balancear la línea a 945 unidades por hora, basándose en el estudio MTM realizado en la etapa anterior y en que las operaciones de limado de cantos y picado de cantos tienen estándares cercanos al objetivo propuesto (por lo tanto su método MTM no cambia).

La nueva rata de salida se logró asignando las tareas que no agregan valor pero innecesarias (las de color amarillo) a las personas que trabajan en los centros de trabajo con menor tiempo ciclo, o sea, que producen más unidades por hora: limado de caras y marcado. Adicionalmente, al marcador también se le asignó la función de revisar las limas, puesto que a pesar de tener un inspector de calidad en la sección, muchas veces el operario debía esperar que el inspector revisara otras referencias lo que entorpecía su productividad. Fue entonces necesario entrenar al marcador en la labor de revisión.

Se hizo un análisis para separar los tiempos en dos categorías: tiempos internos y tiempos externos (análisis realizado por los miembros del Kaizen). Los primeros se refieren a las actividades propias a la labor que agrega valor, o que requieran del detenimiento de la máquina para su ejecución. Son consideradas como de tiempo externo las labores que pueden ser ejecutadas mientras la máquina está en ejecución o que pueden ser desarrolladas por otras personas y por lo tanto no necesitan que la máquina sea detenida.

La asignación de funciones, teniendo en cuenta que las operaciones de limado de cantos y picado de cantos conservaron el método de trabajo antiguo, quedó como se expresa en las siguientes tablas:

Tabla 17. Distribución de funciones para el picado de caras

PICADO DE CARAS				Externo	
	T. Unit. (Min)	Interno	Externo	Limador caras	Marcador
Tiempo de proceso		0,050			
Descargue y cargue y revision		0,013			
Mantenimiento					
Cambio colchones	26,000		26	26,000	
Cambio de cinceles (Y despique)	63,000		21		63,000
Lubricar el martillo	8,000		8		8,000
Limpiar bases(mitad tiempo)	10,000		10		10,000
Aceitado de limas	19,500		20	19,500	
Mover ganchos a carro	4,000		1		4,000
Traer ganchos	9,000		9		9,000
Traer aceite	9,000		9		9,000
Cambio gatillo	6,000		6	6,000	
Aseo (incluye reporte)	30,000		30		30,000
Necesidades personales	15,000		15	15,000	
Almuerzo	45,000		45		45,000
T. CICLO (min)		0,063			
Unidades por hora:		945			
Unidades por turno		9.072			

Fuente: Implementado por el autor con información de Empresa Andina de Herramientas S.A.

Tabla 18. Distribución de funciones para el limado de caras

LIMADORA DE CARAS					
		T UNITARIO (Min)	No. Veces	Minutos / turno	Tiempo / Und
Tareas propias	Tiempo de ciclo	1,500			0,0300
	Cambio stripper	6,000	2	12,000	0,0013
	Engrasar maquina	5,000	2	10,000	0,0011
	Traer carro	3,000	0	0,000	0,0000
	Aseo	20,000	1	20,000	0,0022
	Necesidades personales	15,000	1	15,000	0,0017
	Almuerzo	45,000	1	45,000	0,0050
Tareas picador (Relevo)	Cambio cinces	1,000	21	21,000	0,0023
	Aceitado de limas	1,500	10	15,000	0,0017
	Cambio gatillo	6,000	1	6,000	0,0007
	Necesidades pers. (Picador)	15,000	1	15,000	0,0017
	Almuerzo picador	45,000	1	45,000	0,0050
	T. Ciclo (min)				0,0525
	Unidades por hora:			1143	945
	Unidades por turno:				9,072

Fuente: Implementado por el autor con información de Empresa Andina de Herramientas S.A.

Se construyeron unas galgas (estas galgas tienen la medida estándar que el cincel debe tener para ser instalado en la máquina. El operario utiliza calzos de lámina de zinc para completar la medida que le falta al cincel), para cinces, de manera que el picador de caras únicamente deba sacar el cincel de la máquina y reponerlo inmediatamente sin tener que cuadrar la medida quitando y poniendo calzos en la máquina. De esta manera se disminuye el tiempo de cambio de cincel a 1 minuto. Además se eliminó la tarea de traer carros gracias al reacomodamiento de las máquinas una junto a la otra.

A la operación de marcado se adicionó revisión como se dijo anteriormente, aprovechando el tiempo disponible de esta persona al realizar la primera actividad. Esto favorece el flujo continuo del proceso.

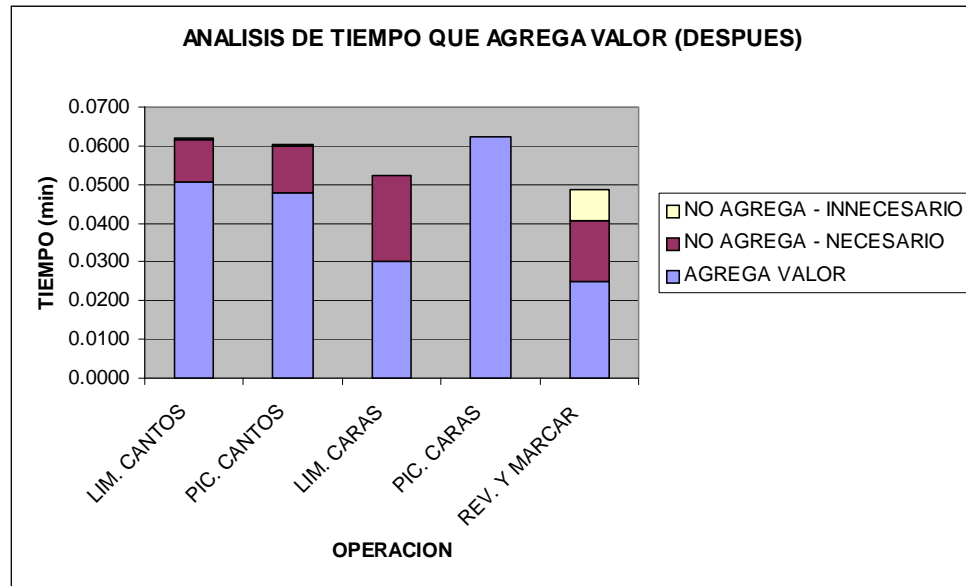
Tabla 19. Distribución de funciones para el marcado

MARCADO					
		T UNITARIO (Min)	No. Veces	Minutos / turno	Tiempo / Und
Tareas propias	Marcar	0,025			0,025
	Mover a marcadora	0,100	36	3,600	0,000
	Mover a carro	0,100	36	3,600	0,000
	Aseo	15,000	1	15,000	0,002
	Necesidades personales	15,000	1	15,000	0,002
	Almuerzo	45,000	1	45,000	0,005
	Mover ganchos a mesa	0,188	36	6,768	0,001
	Mover ganchos a desengrasante	0,200	36	7,200	0,001
	Mover ganchos a enfriamiento	1,200	36	43,200	0,005
	Mover ganchos a revision	0,100	36	3,600	0,000
	Pasar limas de gancho a mesa	0,200	36	7,200	0,001
	Revision	0,016	0,75	0,012	0,000
Tareas picador (Relevo)	Cambio colchones	2,000	13	26,000	0,003
	Limpieza de bases	2,000	5	10,000	0,001
	Limpieza maquina	5,000	4	20,000	0,002
	Lubricar martillos (4 máquinas)	1,000	8	8,000	0,001
	T. Ciclo (min)				0,049
	Unidades por hora:			1.230	945
	Unidades por turno				9.072

Fuente: Implementado por el autor con información de Empresa Andina de Herramientas S.A.

En definitiva, el balanceo del proceso queda como lo muestra el siguiente análisis de tiempo que agrega valor:

Grafica 3. Análisis de tiempo que agrega valor después de la implementación de la celda RT6”



Fuente: Implementado por el autor con información de Empresa Andina de Herramientas

4.5.5. Validación de los resultados. Para la validación de los resultados, y por lo tanto la verificación del cumplimiento de los objetivos del *Kaizen*, se hace una corrida de producción de mínimo 3 horas (se asume que 3 horas es un tiempo significativo para simular las actividades de todo el turno) en la celda recién conformada y aplicando el nuevo método de trabajo desarrollado para cada operación.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la corrida de comprobación:

Tabla 20. Resultados de corrida de seguimiento de la celda RT6”

SEGUIMIENTO REVISION Y MARCADO			
	MARCADAS Nicholson	SIN MARCAR Collins	TOTAL
1ra hora	999		999
2da hora	966	158	1.124
3ra hora	734	54	788
TOTAL	2.699	212	2.911

Fuente: Implementado por el autor con seguimiento realizado en revisión y marca, centros de trabajo de Empresa Andina de Herramientas S.A.

Como se dijo anteriormente, se unificó las operaciones de revisión y marcado de las limas, con lo que fue necesario también registrar el desempeño de la nueva operación durante la corrida de comprobación. El total de limas revisadas es de 2.911 unidades. Sin embargo, como estrategia de la empresa, se manejan tres marcas para la línea de limas: Nicholson (La más importante), Collins y Atila, siendo la primera la más importante y por lo tanto la de mayor exigencia en calidad. Las otras dos marcas resultan de aquellas limas que no cumplen al 100% los requisitos para ser Nicholson, pero tampoco tienen un nivel de defectos que las cataloguen como desperdicio total, de manera que constituyen la línea económica. Por tal razón estas limas no se marcan con la producción normal Nicholson.

Tabla 21. Seguimiento de picado de caras

SEGUIMIENTO PICADORAS DE CARAS		
	Und	Und / hr
Hora 1 (42 min)	792	
Hora 2 y 3:	2.030	1.015
% Eficiencia:	107,41%	

Fuente: Implementado por el autor con seguimiento realizado en revisión y marca, centros de trabajo de Empresa Andina de Herramientas S.A.

En el seguimiento de las picadoras de caras fue necesario esperar aproximadamente 18 minutos a que el proceso se estabilizara, es decir, los trabajadores se acoplaron al método de trabajo, la nueva distribución, Etc., de manera que se regulara el tiempo de ciclo del proceso. Los resultados son satisfactorios, durante las dos últimas horas se procesaron en promedio 1.015 unidades por hora, de manera que se obtiene una eficiencia en el proceso del 107.41%.

Tabla 22. Relevos realizados al picado de caras

RELEVOS		
	Duración (min)	Concepto
Hora 1	2,389	Cíncel
Hora 2	5,66	Cíncel
	12,091	Limpiar Bases
Hora 3	5,013	Cíncel
	25,153	
	252 Und	

Fuente: Implementado por el autor con seguimiento realizado en revisión y marca, centros de trabajo de Empresa Andina de Herramientas S.A.

La contribución más importante del nuevo método de trabajo son los relevos a realizar al operario de picado de caras por parte de quienes trabajan en limado de caras y marcado, con la intención de no dejar parar las otras tres máquinas picadoras de caras mientras una es atendida por cambio de cincel o de colchones, o por el tiempo que él se toma para almuerzo, descansos, necesidades personales, etc.

Es necesario aclarar que, aunque no es un balance perfecto, el éxito del mismo radica en el incremento de la rata de salida de unidades por hora en la operación cuello de botella, además de las ventajas que la constitución de una celda de manufactura trae consigo, las cuales serán presentadas más adelante. En resumen, con una redistribución de la maquinaria (organización en celda) y con el balanceo de las operaciones se logró incrementar el número de unidades por hora procesadas de 548 a 945, es decir, en 397 unidades. Durante un turno ahora se producen 9.072 unidades, casi el doble de la producción diaria anterior.

Entre los resultados de la implementación de la celda de manufactura se encuentran los siguientes:

- Se eliminó el uso de carros de transporte de material entre la celda (y posteriormente en toda la sección) gracias a la instalación de bases de almacenamiento para una hora de trabajo entre los centros de trabajo.
- Se redujo la cantidad de inventario en procesote miles a solo 945 unidades, que es la cantidad máxima que ha de procesar la máquina cuello de botella (Picadoras de caras).
- Como resultado de las dos anteriores, se detectan mucho más rápido los defectos en los procesos al quedar uno al lado del otro.
- Se disminuyó el tamaño del lote de transferencia a 945.

4.5.6. Estandarización. Una vez comprobados los resultados y verificado el cumplimiento de los objetivos del *Kaizen*, se realizan procedimientos de limpieza de maquinaria (Ver Anexo 11), estándares de producción y evaluaciones de ergonomía. Estas últimas son llevadas a cabo por el departamento de seguridad industrial para comprobar que el nuevo método de trabajo es seguro.

La implementación de la celda de manufactura trajo las siguientes implicaciones administrativas:

- Los demás centros de trabajo trabajan para no dejar parar el cuello de botella (Picadora de caras).
- Relevos para desayuno, almuerzo, idas al baño, etc.
- Otra persona lleva limas desde limado de caras a picadod e caras y las aceita (Celda RT-6: Limador de caras; Celda RT-7-8-9-10: Revisor y marcador).
- La picadora de caras no puede parar. Es la operación cuello de botella.
- La cantidad de limas entre centros de trabajo no debe ser muy grande.
- Siempre debe haber inventario entre máquinas al iniciar y al finalizar el turno, excepto al primer y último día de trabajo de la referencia.
- Solamente se puede trabajar el material de la celda, tampoco es posible adelantar producción porque el trabajo en celda no lo permite.
- Si se para la picadora de caras, ¡Se para toda la celda!
- El estándar es el mismo para toda la celda.
- Se hace un solo reporte para toda la celda.
- Si se daña una máquina, el operario debe reportar inmediatamente el daño, puede firmar orden de trabajo.
- Si se daña una máquina, el operario no puede irse a trabajar a otra parte. (Doble reporte).
- Si alguien sale de la celda (Permiso) reporta el tiempo que lleva hasta el momento y quien lo reemplace reportará el resto.
- El tiempo total de cada operación de la celda es el del turno, sin importar quienes hayan trabajado en ellas.

- Reporte de unidades malas es el total de toda la celda.

4.5.7. ¡Celebración! Ya en el último día del evento *Kaizen*, todo el equipo de trabajo en conjunto realiza una presentación del desarrollo del evento dirigida al personal del resto de la planta y al comité gerencial. Para ello se les obsequia una camiseta distintiva de *Kaizen*, que debe lucir durante la presentación. Cada participante debe explicar una parte del trabajo realizado durante la semana y compartir su experiencia en el evento. Todos deben intervenir. Esta es una forma de dar reconocimiento a los participantes, ya que todo el equipo recibe la felicitación de la alta gerencia (a parte de un diploma por su participación) y de los demás compañeros de la planta por los buenos resultados obtenidos.

Al final del día, el equipo va a compartir una cena en un restaurante de la ciudad, todo costado por la empresa; en donde se tiene un espacio para compartir y hacer retroalimentación de las experiencias vividas durante la semana. Esto como una recompensa simbólica a todos los integrantes del evento.

4.6. PRACTICA DE LABORATORIO

Para la realización del presente laboratorio, se tomo como operación a estandarizar el armado de un avión de juguete.

Objetivo general de la práctica de laboratorio. Utilizar la herramienta de tiempos predeterminados MTM para la realización de un estándar de producción.

Objetivos específicos.

- Hacer uso del software MTM Link existente en la Universidad Autónoma de Occidente para la realización de un estándar de producción.
- Descubrir la importancia de la utilización de métodos de tiempos predeterminados en el proceso de estandarización.
- Hacer uso de una herramienta objetiva para la evaluación de los métodos de trabajo.

Procedimiento.

- Descomponer la operación de ensamble del avión de juguete en operaciones.
- Dividir cada operación en micromovimientos.
- Realizar el MTM-4 de cada operación, codificando los micromovimientos obtenidos en el punto anterior. (Ver anexo 12).
- Llevar el MTM-4 elaborado al software MTM-Link (Ver anexo.13).
- Obtener el estándar del proceso de ensamble del avión.


Realización de la práctica

- Se dividió el proceso de ensamble del avión en las siguientes operaciones:
 - Atornillar
 - Colocar base de avión en dispositivo
 - Colocar llantas
 - Colocar motor en avión
 - Colocar ala inferior y cola al avión
 - Colocar carcasa superior
 - Colocar ala superior al avión
 - Colocar tapa de cabina
 - Colocar hélice

La operación de atornillar fue realizada con la pistola, por lo tanto, se tuvo en cuenta un tiempo de proceso de 3.48 seg.

- MTM – 4 del ensamble del avión

Tabla 23. Formato MTM-4 ensamble avión de juguete

<div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE  INGENIERIA INDUSTRIAL HOJA DE ANALISIS DE METODOS </div>					
PRODUCTO: Avión de Juguete		ANALISTAS : D. Navarro		FECHA : 20/11/06	
OPERACION : Ensamble		J. Bejarano			
Descripcion Mano Izquierda	No.	MI	MD	No.	Descripcion Mano Derecha
Atornillar					
Alcanza tornillo	1	G1C2-010	G12-010	1	Alcanza pistola
Agarra tornillo	1			1	Agarra pistola
Mueve tornillo a pistola	1	P321-010	P01-12	1	Mover pistola a tornillo
Posiciona tornillo en pistola	1				
Suelta tornillo en pistola	1		P120-008	1	Mover pistola hacia avión
				1	Posiciona pistola en avión
			APA	1	Presiona botón de pistola
				1	Tiempo de Proceso de Pistola
			RLF	1	Suelta botón
			D1E	1	Mueve sacando tornillo de pistola
			P02-010	1	Mueve pistola a mesa
				1	Suelta pistola en mesa
Total Atornillar					
Colocar base de avión en dispositivo					
			G12-016	1	Alcanza base de avión
				1	Agarra base de avión
			P121-016	1	Mueve base a dispositivo
					Posiciona base en dispositivo
			P01-004	1	Mueve dejando base en dispositivo
				1	Suelta base
Total colocar base en dispositivo					
Colocar llantas					
Alcanza eje	1	G12-010	G12-010	1	Alcanza Llanta
Agarra eje	1			1	Agarra llanta
Mueve eje a llanta	1	P01-012	P331-012	1	Mueve llanta a eje
Sostiene	1			1	Posiciona llanta en eje
				1	Suelta llanta
Atornillar					
Reagarre de eje	1	G2			
Mueve eje a base de avión	1	P123-012			
Posiciona eje en base de avión	1				
Mueve colocando eje en base de avión	1	P02-003	G12-012	1	Alcanza llanta
Sostiene	1			1	Agarra llanta
			P331-012	1	Mueve llanta a eje
				1	Posiciona llanta en eje
				1	Suelta llanta
Total Colocar Llantas					

Atornillar					
Colocar motor en avión					
			G12-012	1	Alcanza motor de avión
				1	Agarra motor
			P335-012	1	Mueve motor a avión
				1	Posiciona motor en avión
				1	Suelta motor
Total Colocar motor en avión					
Colocar ala inferior y cola al avión					
Alcanza ala inferior de avión	1	G12-012	G12-012	1	Alcanza cola de avión
Agarra ala inferior	1			1	Agarra cola de avión
Mueve ala inferior a avión	1	P2-012	P2-012	1	Mueve cola a avión
Posiciona ala en avión	1			1	Posiciona cola en avión
Suelta ala en avión				1	Suelta cola de avión
Reagarre de cuerpo de avión	1	G2			
Sostiene	1				
Total Colocar ala inf. y cola al avión					
Colocar carcaza superior					
			G12-012	1	Alcanza carcaza superior de avión
				1	Agarra carcaza de avión
			P337-012	1	Mueve carcaza a avión
				1	Posiciona carcaza en avión
				1	Suelta carcaza
Total Colocar carcaza superior					
Colocar ala superior al avión					
			G12-012	1	Alcanza ala superior de avión
				1	Agarra ala superior
			P2-012	1	Mueve ala superior a cuerpo de avión
				1	Posiciona ala en avión
				1	Suelta ala en avión
Total Colocar ala superior al avión					
Atornillar					
Colocar tapa de cabina (azul)					
			G12-012	1	Alcanza tapa (azul)
				1	Agarra tapa
			P337-012	1	Mueve tapa a cuerpo de avión
				1	Posiciona tapa
				1	Suelta tapa
Total Colocar tapa en cabina					
Atornillar					
Colocar hélice en avión					
			G12-012	1	Alcanza hélice
				1	Agarra hélice
			P328-012	1	Mueve hélice a cuerpo de avión
				1	Posiciona hélice en avión
				1	Suelta hélice
Total colocar hélice en avión					
Atornillar					

Fuente: Implementado por el autor.

- Al realizar el MTM-4 en el software MTM LINK, y correr el programa se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 4. Resultados en MTM LINK ensamble de avión

Operation Maintenance

Part: AVION-01 Desc: Ensamblaje de avión de juguete

Oper: 10

RUN Updated: N (Hours) Setup: 0.00000
Run: 0.02573

Element	Freq.	IntDet.	Markers	Description
1 LAB 001	7.0000			ATORNILLAR
2 LAB 002	1.0000			Colocar base de avión en dispositivo
3 LAB 003				
4 LAB 004				
5 LAB 005				
6 LAB 006	1.0000			Colocar Carcaza superior
7 LAB 007	1.0000			Colocar ala superior al avión
8 LAB 008	1.0000			Colocar tapa de cabina
9 LAB 009	1.0000			Colocar helice
10 LAB 010	7.0000			Tiempo de Proceso de atornillar

Save Changes Undo Changes

Part/Operation Standard Display

Part: AVION-01 Ensamblaje de avión de juguete Orig: 12/01/2006
Oper: 10 Rev: 00/00/0000

Machine: Tooling:
Dept: Units/Hr 42.54 Hours Setup: 0.02351
-Run: 0.02351

Element	Description	Prac Oppy	MUs	Freq.	Extended MUs
001 LAB 001	ATORNILLAR	Y	1106	7.0000	7742
002 LAB 002	Colocar base de avión en dispositivo	Y	570	1.0000	570
003 LAB 003	Colocar llantas	Y	1565	1.0000	1565
004 LAB 004	Colocar motor en avión	Y	595	1.0000	595

Close View Setup View Run View Group Totals

Part/Operation Standard Display

Part: AVION-01 Ensamblaje de avión de juguete Orig: 12/01/2006
 Oper: 10 Machine: Tooling: Rev: 00/00/0000

Dept: Units/Hr 42.54 Hours -Setup: -Run: 0.02351

Element	Description	Prac Oppy	MUs	Freq	Extended MUs
--- RUN ---					
	Total Standard RUN time		23505 MU		
	Crew Size		1.00		
	Cycle Quantity		1.00		
			84.618 Seconds		
			1.410 Minutes		
			.02351 Hours		
			2.351 Hrs/100		
			23.51 Hrs/1000		
			235.050 Hrs/10000		
	Units Per Hour		42.54		

MAI 59% RMB 54% GRA 14% POS 33% PROC 32%

Close View Setup View Run View Group Totals

Fuente:
e:

Implementado por el autor utilizando el software MTM LINK-U

Como se puede observar se obtuvo que en una hora de proceso se podría realizar el ensamble de 42 aviones, en condiciones optimas de equipo (pistola) y materiales (tornillos y otras partes del avión), así como también contar con un operario normal, es decir, experimentado que no trabaje acelerado ni con velocidad baja.

Cabe aclarar que dentro de este estándar no se han incluido suplementos, por lo tanto, dicho estándar tendería a bajar dependiendo de la inclusión de los mismos.

5. CONCLUSIONES

Se incrementó en un 10.2% la cantidad de operaciones productivas estandarizadas en las secciones de picadoras y temple, lo que implicó la actualización de 87 estándares, en donde se realizó la evaluación de cada centro de trabajo teniendo en cuenta la ergonomía y economía de movimientos para minimizar la fatiga del operario, así como para obtener el mayor beneficio productivo de cada centro de trabajo. En picadoras se realizaron 14 estándares de producción, entre los cuales se encuentran 4 celdas de manufactura, lo cual representa un aumento del 7.1% en centros de trabajo estandarizados. Por su parte, Temple aumento su porcentaje de centros de trabajo estandarizados en 11.1%, es decir que cuenta con 73 nuevos estándares productivos.

La aplicación de la metodología MTM no discrepa con ninguna otra metodología de estandarización ni de mejora de los procesos productivos, por el contrario, sumado con otras estrategias representa una importante herramienta que facilita en muchas ocasiones la estandarización de los procesos. Ejemplo de ellos son los costos de labor que se pueden realizar sin necesidad de estar realizándose el producto en ese momento en la planta. De igual forma la aplicación del MTM se puede realizar en diferente tipo de procesos, desde los de alta complejidad manual hasta los más tecnificados, muestra de ello son los estándares realizados con este método en Empresa Andina de Herramientas S.A., y el desarrollado con el ensamble del avión de juguete en la Universidad Autónoma de Occidente.

MTM es un método participativo para el estudio del trabajo. Es claro que el analista de métodos es experto en el estudio y clasificación de los movimientos que se deben realizar para llevar a cabo una labor. Sin embargo, esto no significa que sea él quien tenga la última palabra en la definición de un método de trabajo. Es necesario contar con los valiosos aportes de quienes realizan la labor día a día, ya que ellos son quienes conocen el proceso en su totalidad y saben con certeza los elementos necesarios para la ejecución de la labor. Por lo tanto, un método de trabajo debe ser un desarrollo conjunto entre el trabajador y el analista de métodos, de manera que se consideren en su totalidad todos los factores que la labor involucra. Esto trae dos consecuencias positivas:

Se incrementa la probabilidad de desarrollar un método de trabajo totalmente efectivo, es decir, se cubren todos los factores que en algún momento, por ser el analista de métodos una persona externa al proceso o por desconocimiento mismo del proceso, puedan afectar el desarrollo de un estándar apropiado.

Se logra involucrar y comprometer al trabajador en el cumplimiento del estándar por la sencilla razón de que él fue “coautor” del método de trabajo. Prácticamente están colocando por delante su credibilidad. Además el trabajador queda convencido de la factibilidad del cumplimiento del estándar y por lo tanto su predisposición hacia el trabajo cambia favorablemente.

Aunque MTM no depende de las personas para ser implementado, sí se hace necesario que quien lo aplique realice una observación lo suficientemente larga como para interiorizar e identificar los movimientos que se deben realizar. Es muy fácil caer en el error de intentar desarrollar métodos mediante una recreación mental de los movimientos (imaginarse al trabajador realizando la operación), con el objeto de ahorrarse la observación previa cuyo tiempo podría ser empleado en otros asuntos. Definitivamente el desarrollo de un estándar mediante el método MTM debe hacerse sin premuras, realizando todas las observaciones que sean necesarias con el fin de identificar absolutamente todos los movimientos que se han de incluir en el método. Si por algún motivo se omite un movimiento, aunque su duración en tiempo sea mínima, entonces se obtiene un estándar erróneo para la operación. Si sumamos todas las veces que se realiza el movimiento omitido durante todo un turno, el resultado sería un tiempo acumulado, significativamente largo, que no estaría considerado en el estándar y por lo tanto afectaría la productividad tanto de la operación como del trabajador mismo.

La implementación de las metodologías *Lean Manufacturing* requiere de un cambio radical en el modo de pensar de los trabajadores. Por muy abierta que sea su mente, ellos continúan atados a las viejas costumbres de trabajo y de producción (han trabajado de la misma forma por más de 10 años y siempre han salido bien, Producen para cumplir con una cuota sin importar los altos niveles de inventario en proceso, están acostumbrados al trabajo individual y no en grupo, Etc.). Se hace entonces necesario involucrar, además de quienes tienen la oportunidad participar en un evento *Kaizen*, a todos los trabajadores de la sección (lo ideal sería hacerlo con toda la planta para direccionarla de una sola vez hacia el nuevo concepto de flujo) para que todos logren visualizar el concepto del flujo de valor. Lo que sucede es que quienes participan en un evento *Kaizen* asumen la nueva metodología, pero aquellos que aún no, hacen que los otros se devuelvan a las viejas costumbres y entonces se va perdiendo el trabajo con el tiempo. Toda la sección (para hablar en términos particulares) es un sistema, y como tal todos sus componentes deben estar en línea con los objetivos planteados. Si alguno (en este caso el aproximadamente el 50% de los trabajadores) de los integrantes no tienen la más mínima idea de lo que se pretende, entonces lo más probable es que no se cumplan los objetivos de todo el sistema. Este proceso de cambio debe hacerse en forma gradual y requiere de todo el apoyo de la alta gerencia, ya que durante los primeros meses, mientras el grupo se acostumbra, las cifras de productividad pueden ser bajas y el ánimo de las personas puede decaer.

Los resultados de la implementación de las diferentes celdas de manufactura fueron los siguientes:

- Celda RT-6: Se incrementó la tasa de salida (Real) de 595.3 unidades a 945 unidades, es decir, el 58.7%.
- Celda RT-8: Se incrementó la tasa de salida (Real) de 219.1 unidades a 320 unidades, es decir, el 46.05%.
- Celda Hr-8: Se incrementó la tasa de salida (Real) de 116 unidades a 260 unidades, es decir, el 124.10%.
- Celda four in hand: Se incrementó la tasa de salida (Real) de 70 unidades a 100 unidades, es decir, el 42.85%.

Esto representa ahorros anuales por el costo de la hora como se muestra a continuación:

Celda de RT-6 COP \$17.000.000

Celda de RT-8 COP \$5.748.000

Celda HR-8 COP \$9,398.000

Celda 4 in Hand COP\$2.933.000

Se debe tener en cuenta que el ahorro es mayor, ya que el inventario se reduce, se eliminan tiempos improductivos, y por ende existe un mayor aprovechamiento de la carga y del recurso humano, entre otros.

BIBLIOGRAFIA

Empresa andina de herramientas S.A. [en línea]. Cali: Cooper Tools, 2006. [Consultado 10 de septiembre, 2006]. Disponible en internet: <http://www.andinadeherramientas.com.co/>.

GARCIA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos. México D.F.: Mc. Graw Hill, 2000. 45 p.

GAYNOR, Gerard. Manual de gestión en tecnología. Bogotá: Mc Graw Hill, 1995. Vol. 2, 843 p.

GEORGE, M.L.. The lean six sigma. USA: Mc. Graw Hill, 2002. 322 p.

GEORGE, ROWLANDS, D. Y PRICE, M. The lean six sigma pocket. USA: Mc. Graw Hill, 2005. 282 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Normas colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogotá: ICONTEC, 2007. 112 p.

LEWIS, Robert. Lean manufacturing [en línea]. USA: isixsigma, 2002. [Consultado 1 de diciembre, 2006]. Disponible en internet: http://www.isixsigma.com/dictionary/Lean_Manufacturing-116.htm

MAYNARD, H. B. Manual de ingeniería y organización Industrial. 3 ed. Bogotá: Editorial Reverté, 1.988. Vol. 1, 593 p.

MTM-LINK-U tutorial. Illinois: MTM association for standards and research, 1998. 88 p.

4 M User manual. Illinois: MTM association for standards and research, 1995. 269 p.

NIEBEL, Benjamín. Ingeniería industrial: Métodos, tiempo y movimientos. 3 ed. Mexico: Alfaomega, 1990. 872 p.

¿Qué es el MTM? [en línea]. Aragón: Asociación MTM española, 2.005. [Consultado 1 de Diciembre, 2.006]. Disponible en internet: <http://www.asocmtm.es>.

SAP [en línea]. Alemania: SAP.com, 2006. [Consultado 22 de agosto, 2006] Disponible en internet: <http://www.sap.com/index.epx>.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de MTM Picar Cantos Lima THAI 12"

EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS S.A. CALI - COLOMBIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL HOJA DE ANALISIS DE METODOS						
PRODUCTO: LIMA THAI 12"		ANALISTA : J. M. BEJARANO			REFERENCIA:	
OPERACION: PICAR CANTOS		FECHA: Oct. 31 / 06		APROBADO :		HOJA: DE:
Descripción Mano Izquierda	No.	MI	TMU	MD	No.	Descripción Mano Derecha
Cargar máquina						
Girar cuerpo a carro de entrada		TBC1	18,6			
Paso al frente		W1P	15,0			
			17,2	R18B		Alcanzar limas en carro
			7,3	G1C1		Agarrar limas
Alcanzar limas		R12A	13,4	M12B		Mover limas al centro
Reagarre			5,6	G2		Reagarre
Girar cuerpo a máquina		TBC1	18,6			
			14,4	M14A		Mover limas a carro
Posicionar limas		P1SSE	9,1	P1SSE		Posicionar limas
			13,4	M12A		Mover metiendo limas en carro
Soltar limas		RL1	2,0			
			7,9	R8A		Alcanzar palanca de presión
			2,0	G1A		Agarrar palanca
			7,3	M5A		Bajar palanca
			2,0	RL1		Soltar palanca
			8,7	R10A		Alcanzar Manija carro transv.
			2,0	G1A		Agarrar manija
			5,4	T90S		Girar manija
			-	-		T. BAJAR CARRO
			2,0	RL1		Soltar manija
			171,9			
			0,103			
Voltear limas						
			10,5	R14A		Alcanzar palanca de presión
			2,0	G1A		Agarrar palanca
			7,3	M5A		Mover palanca hacia arriba
			2,0	RL1		Soltar palanca
			7,9	R8A		Alcanzar Limas
			7,3	G1C1		Agarrar limas
Alcanzar limas			14,6	M14B		Sacar limas
			9,4	T180S		Girar limas
Reagarre		G2	5,6	G2		Reagarre
			11,3	M10A		Mover limas a carro
			9,1	P1SSE		Posicionar limas
			12,9	M12A		Mover metiendo limas
			7,9	R8A		Alcanzar palanca de presión
			2,0	G1A		Agarrar palanca
			8,0	M5B		Mover palanca hacia abajo
			8,7	R10A		Alcanzar Manija carro transv.
			2,0	G1A		Agarrar
			-			T. BAJAR CARRO
			2,0	RL1		Soltar manija
			130,5			
			0,078			

Descargar carro						
			10,5	R14A		Alcanzar palanca de presión
			2,0	G1A		Agarrar palanca
			7,3	M5A		Mover palanca hacia arriba
			2,0	RL1		Soltar palanca
			8,7	R10A		Alcanzar Limas
			7,3	G1C1		Agarrar limas
Alcanzar limas			14,6	M14B		Mover limas al centro
Reagarre			5,6	G2		Reagarre
			7,3	EFT		Enfocar
			22,8	ETT		Revisar (T= 12; D= 8)
Transferir a mano derecha		G3	5,6			
Girar cuerpo a carro de salida		TBC2	37,2			
			17,0	M18B		Mover limas a carro
			2,0	RL1		Soltar limas
			149,9			
			0,090			

Fuente: Implementado por el autor con formato MTM de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Anexo 2. Formato Resumen de MTM Picar Cantos Lima THAI 12''

EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS CALI - COLOMBIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL HOJA DE RESUMEN DE OPERACIONES								
PRODUCTO: LIMA THAI 12"			ANALISTA : J. M. BEJARANO		REFERENCIA: ESTUDIO N°:			
OPERACION: PICAR CANTOS			FECHA: Oct. 31 / 06		APROBADO :		HOJA: DE:	
No.	DESCRIPCION DEL ELEMENTO	REFERENCIA DE LA HOJA DE ANALISIS	TIEMPO DEL ELEMENTO EN T.M.U	FACTOR CONVERSION 0,0006 TIEMPO NIVELADO	% TIEMPO SUPLEM.	TIEMPO DEL ELEMENTO PERMITIDO	FREC. POR CICLO	TIEMPO TOTAL PERMITIDO
1	Cargar máquina		171,9000	0,1031	1,2	0,1238	1/4	0,0309
2	Voltear limas		130,5000	0,0783	1,2	0,0940	1/4	0,0235
3	Descargar carro		149,9000	0,0899	1,2	0,1079	1/4	0,0270
4	T. Manual de bajar carro			0,0510	1,2	0,0612	1/2	0,0306
5	T. proceso de picado			0,2500	1,1	0,2750	1/2	0,1375
6	Cambiar cincel			0,7500	1,0	0,7500	1/700	0,0011
7	Cambiar lámina			3,0000	1,0	3,0000	1/1200	0,0025
8	Manejo de material			15,0000	1,0	15,0000	1/2200	0,0068
								0,2599
	STDR/HORA=	230						
	RUN*10000=	43,48						
	Operario: Héctor Blanco							
	Seguimientos:							
	* Octubre 26 de 2006							
	Producción: 216 limas picadas en 50 minutos							
	Productividad: 112.6%							
	* Octubre 30 de 2006							
	Producción: 308 limas picadas en 70 minutos							
	Productividad: 114.8%							

Fuente: Implementado por el autor con formato MTM de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Anexo 3. Formato de MTM Picar Caras Lima RT-6”

[illegible]

EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS S.A.

CALI - COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL
HOJA DE ANALISIS DE METODOS

PRODUCTO: LIMA RT-6"

ANALISTA : J. M. BEJARANO

REFERENCIA:
ESTUDIO N°:

OPERACION: PICAR CARAS

FECHA : Oct 12 / 06

APROBADO :

HOJA: 2 DE: 2

[illegible]

Fuente: Implementado por el autor con formato MTM de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Anexo 4. Formato Resumen de MTM Picar Caras Lima RT-6"

EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS CALI - COLOMBIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL HOJA DE RESUMEN DE OPERACIONES								
PRODUCTO: LIMA RT-6"			ANALISTA : J. M. BEJARANO		REFERENCIA: ESTUDIO N°:			
OPERACION: PICAR CARAS			FECHA : Oct 12 / 06		APROBADO :		HOJA: 1 DE: 1	
No.	DESCRIPCION DEL ELEMENTO	REFERENCIA DE LA HOJA DE ANALISIS	TIEMPO DEL ELEMENTO EN T.M.U	FACTOR CONVERSION 0,0006 TIEMPO NIVELADO	% TIEMPO SUPLEM.	TIEMPO DEL ELEMENTO PERMITIDO	FREC. POR CICLO	TIEMPO TOTAL PERMITIDO
1	CARGAR Y DESCARGAR MAQUINA		293,5000	0,1761	1,20	0,2113	1/16	0,0132
2	T. PROCESO PICADO			0,6000	1,10	0,6600	1/16	0,0413
3	REVISION		139,2000	0,0835	1,20	0,1002	1/16	0,0063
				0,8596				
4	CAMBIAR CINCEL			1,7500	1,00	1,7500	1/1125	I
5	CAMBIAR COLCHONES			3,0000	1,00	3,0000	1/1125	I
6	MANEJO DE MATERIAL			15,0000	1,00	15,0000	1/9000	I
7	ASEO Y LIMPIEZA			15,0000	1,00	15,0000	1/9000	I
								0,0607
	Und 4 máquinas: (50 MIN)	823						
	RELEVO A 3 MAQUINAS							
8	CARGAR Y DESCARGAR MAQUINA		293,5000	0,1761	1,20	0,2113	1/12	0,0176
9	T. PROCESO PICADO			0,6000	1,10	0,6600	1/12	0,0550
3	REVISION		139,2000	0,0835	1,20	0,1002	1/12	0,0084
								0,0810
	Und 3 máquinas: (10 MIN)	124						
	STDR/HORA=	945						
	RUN*10000=	10,58						
	Operaciones de la celda:	Limado de Cantos						
		Picado de Cantos						
		Limado de Caras						
		Picado de Caras						
		Revisión y marca						
	Seguimiento: Obtubre 09 de 2006 (Turno 1)							
	Operario: Jader Ríos							
	Producción: 1.404 limas en 95 minutos							
	Productividad: 93.34%							
	Seguimiento: Obtubre 10 de 2006 (Turno 1)							
	Operario: Jader Ríos							
	Producción: 2.028 limas en 120 minutos							
	Productividad: 106.7%							

Fuente: Implementado por el autor con formato MTM de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Anexo 5. Formato MTM Enderezar en Banco Lima 4 in Hand 8"

EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS						
CALI - COLOMBIA						
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL						
HOJA DE ANALISIS DE METODOS						
PRODUCTO: LIMA 4 IN HAND 8"		ANALISTA : J. M. BEJARANO			REFERENCIA:	
					ESTUDIO Nº:	
OPERACION: ENDEREZAR EN BCO		FECHA : Ago 16 / 06		APROBADO :		HOJA: 1 DE: 2
Descripcion Mano Izquierda	No.	MI	TMU	MD	No.	Descripcion Mano Derecha
ENDEREZAR						
Alcanzar lima		R16B	15,80			
Agarrar lima		G4A	7,30			
Mover lima al centro		M12B	13,40	R10B		Alcanzar en mano izquierda
Reagarrar lima		G2	5,60	G1A		Agarrar
			8,90	M6B		Mover hacia arriba
Girar lima		T180S	9,40			
Enfocar (T=8; D=8)		(EFT + ETT)	22,50			
			8,90	M6B		Mover lima hacia abajo
Reagarrar lima		G2	5,60			
Mover lima a banco		M4B	10,10	R8B		Alcanzar martillo
Colocar lima en banco			2,00	G1A		Agarrar martillo
			31,80	M8B	3	Mover martillo hacia arriba
			31,80	M8B	3	Mover martillo hacia abajo
			10,60	M8B		Mover martillo a mesa
			2,00	RL1		Soltar martillo
			8,60	R6B		Alcanzar en mano izquierda
Reagarrar lima		G2	5,60	G1A		Agarrar lima
			10,10	R8B		Mover hacia arriba
Girar lima		T180S	9,40			
Enfocar (T=8; D=8)		(EFT + ETT)	22,50			
			8,90	M6B		Mover lima hacia abajo
Reagarrar lima		G2	5,60			
Mover lima a banco		M4B	10,10	R8B		Alcanzar martillo
Colocar lima en banco			2,00	G1A		Agarrar martillo
			31,80	M8B	2	Mover martillo hacia arriba
			31,80	M8B	2	Mover martillo hacia abajo
			10,60	M8B		Mover martillo a mesa
			2,00	RL1		Soltar martillo
			10,10	R8B		Alcanzar en mano izquierda
Reagarrar lima		G2	5,60	G1A		Agarrar lima
			8,90	M6B		Mover hacia arriba
Girar lima		T180S	9,40			
Enfocar (T=8; D=8)		(EFT + ETT)	22,50			
			8,90	M6B		Mover lima hacia abajo
Reagarrar lima		G2	5,60			
Mover lima a banco		M4B	10,10	R8B		Alcanzar martillo
Colocar lima en banco			2,00	G1A		Agarrar martillo
			21,20	M8B	2	Mover martillo hacia arriba
			21,20	M8B	2	Mover martillo hacia abajo
			10,60	M8B		Mover martillo a mesa
			2,00	RL1		Soltar martillo
			10,10	R8B		Alcanzar en mano izquierda
Reagarrar lima		G2	5,60	G1A		Agarrar lima
			8,90	M6B		Mover hacia arriba
Girar lima		T180S	9,40			
Enfocar (T=8; D=8)		(EFT + ETT)	22,50			
Reagarrar lima		G2	5,60			
Transferir		G3	5,60			
Mover a gancho		M16B	15,80			
Soltar lima		RL2	2,00			
			568,30			

EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS						
CALI - COLOMBIA						
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL						
HOJA DE ANALISIS DE METODOS						
PRODUCTO: LIMA 4 IN HAND 8"		ANALISTA : J. M. BEJARANO			REFERENCIA:	
					ESTUDIO N°:	
OPERACION: ENDEREZAR EN BCO		FECHA : Ago 16 / 06		APROBADO :		HOJA: 2 DE: 2
Descripcion Mano Izquierda	No.	MI	TMU	MD	No.	Descripcion Mano Derecha
DESCARGAR MESA						
Levantarse		STD	43,40			
Caminar paso lateral		SS1C1	17,00			
Caminar paso al frente		W1P	15,00			
Girar cuerpo		TBC1	18,60			
Alcanzar limas en mesa	4	R12A	53,60			
Agarrar 25 limas	4	G1A	8,00			
Mover limas al centro	4	M10B	48,80			
Girar cuerpo	4	TBC1	74,40			
Caminar 1 paso	4	W1P	60,00			
Agacharse	4	B	116,00			
Mover soltando limas en cajón	4	M10B	48,80			
Levantarse	4	AB	127,60			
Girar cuerpo	4	TBC1	74,40			
Caminar 1 paso a mesa	4	W1P	60,00			
Girar cuerpo a silla		TBC1	18,60			
Caminar 1 paso a silla		W1P	15,00			
Sentarse		SIT	34,70			
			833,90			
			0,500			
CARGAR MESA						
Levantarse		STD	43,40			
Caminar paso lateral		SS1C1	17,00			
Caminar paso al frente		W1P	15,00			
Agacharse	4	B	116,00			
Alcanzar limas en estiba	4	R12A	38,40			
Agarrar 25 limas	4	G1A	8,00			
Mover limas al centro	4	M10B	48,80			
Levantarse	4	AB	127,60			
Girar cuerpo	4	TBC1	74,40			
Caminar 1 paso a mesa	4	W1P	60,00			
Mover limas a mesa	4	M12B	53,60			
Soltar limas en mesa	4	RL1	8,00			
Girar cuerpo	4	TBC1	74,40			
Caminar 1 paso a estiba	4	W1P	60,00			
Girar cuerpo		TBC1	18,60			
Caminar 1 paso a silla		W1P	15,00			
Sentarse		SIT	34,70			
			812,90			
			0,488			

Fuente: Implementado por el autor con formato MTM de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Anexo 6. Formato Resumen de MTM Enderezar en Banco Lima 4 in Hand 8''

EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS CALI - COLOMBIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL HOJA DE RESUMEN DE OPERACIONES								
PRODUCTO: LIMA 4 IN HAND 8" CURVA			ANALISTA : J. M. BEJARANO		REFERENCIA: ESTUDIO N°:			
OPERACION: ENDEREZAR EN BANCO			FECHA : Ago 16 / 06		APROBADO :		HOJA 1 DE 1	
No.	DESCRIPCION DEL ELEMENTO	REFERENCIA DE LA HOJA DE ANALISIS	TIEMPO DEL ELEMENTO EN T.M.U	FACTOR CONVERSION	%	TIEMPO DEL ELEMENTO PERMITIDO	FREC. POR CICLO	TIEMPO TOTAL PERMITIDO
				0,0006				
1	ENDEREZAR LIMA		568,3000	0,3410	1,2	0,4092	1	0,4092
2	DESCARGAR MESA		833,9000	0,5003	1,2	0,6004	1/100	0,0060
3	CARGAR MESA		812,9000	0,4877	1,2	0,5853	1/100	0,0059
								0,4210
								142,5067
	STDR/HORA=	150						
	RUN*10000=	66,67						
	Seguimiento : Agosto 16 de 2006							
	Operario : Nelson Viáfara							
	Producción : 227 Unidades en 84 minutos							
	Productividad : 108.1%							
	Seguimiento : Agosto 16 de 2006							
	Operario : José Cundumí							
	Producción : 154 Unidades en 62 minutos							
	Productividad : 99.4%							

Fuente: Implementado por el autor con formato MTM de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Anexo 7. Formato MTM Picar Cuerpo Lima R-4”

EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS						
CALI - COLOMBIA						
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL						
HOJA DE ANALISIS DE METODOS						
Producto: R-4"	Fecha: 25/09/06		REFERENCIA: ESTUDIO N°:			
Operacion : Picar Cuerpo	Analista: D. Navarro		Aprobado:		HOJA: 1 de: 1	
Descripcion Mano Izquierda	Nº	MI	TMU	MD	Nº	Descripcion Mano Derecha
CARGA MAQUINA						
			18,6	R20B	1	Alcanza limas
			2,0	G1A	1	Agarra limas
			19,2	M20A	1	Mueve limas a mano
Agarra limas (3)	3	G1A	16,8	G3	3	Transfiere limas (3)
			5,6	G2	1	Reagarre de limas
			6,0	RL1	3	Suelta limas
Sostiene			45,2	M10A	4	Mueve lima a máquina
			25,8	R6B	3	Alcanza limas en mano
			6,0	G1A	3	Agarra limas
Alcanza boquilla	1	R10A	8,7			
Agarra boquilla	4	G2	22,4			
Alcanza boquilla	3	R2A	12,0			
Suelta boquilla	4	RL1	8,0			
			208,4	P3SSD	4	Posiciona lima
Tiempo de enfoque del ojo	4	EFT	29,2			
			14,4	M2A	4	Mueve lima a boquilla
			42,4	APA	4	Presionar boquilla
			8,0	RL1	4	Suelta lima
Alcanza limas	1	R10A	8,7			
Agarra limas	1	G1A	2,0			
			24,6	R18A	2	Alcanza palanca
			2,0	G1A	2	Agarra palanca
			11,2	G2	2	Reagarre de palanca
			33,4	M4A+APA	2	Mueve palanca presionando
Alcanza limas	3	R2A	12,0			
Agarra limas	3	G1A	6,0			
Tiempo de enfoque del ojo	4	EFT	29,2			
Posiciona lima en boquilla	4	P3SSD	208,4			
Mueve lima a boquilla	4	M2A	14,4			
Presiona boquilla	4	APA	42,4			
Suelta lima	4	RL1	8,0			
			8,0	RL1	4	Suelta boquilla
			33,4	M4A+APA	2	Mueve palanca soltando
			4,0	RL1	2	Suelta palanca
			9,6	R12A	1	Alcanza botón
Alcanza perilla	1	R10A	8,7			
			10,6	APA	1	Presiona botón
Agarra perilla	1	G1A	2,0			
Mueve perilla (Gira perilla)	1	T30	2,8			
Suelta perilla	1	RL1	2,0			Suelta botón
TOTAL CARGA			982,1		0,589	
TIEMPO DE PROCESO MAQUINA		0,380				

EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS

CALI - COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL
HOJA DE ANALISIS DE METODOS

Producto: R-4"

Fecha: 25/09/06

REFERENCIA:
ESTUDIO N°:

Operacion : Picar Cuerpo

Analista: D. Navarro

Aprobado:

HOJA: 1 de: 2

Descripcion Mano Izquierda	Nº	MI	TMU	MD	Nº	Descripcion Mano Derecha
DESCARGA						
Alcanza perilla	1	R10A	8,7			
Agarra perilla	1	G1A	2,0			
Mueve perilla	1	T30	2,8			
Suelta perilla	1	RL1	2,0			
Enfoque del ojo	4	EFT	29,2			
Alcanza lima	1	R10A	8,7			
Agarra lima	4	G1A	8,0			
Mueve lima sacando de boquilla	4	D3E	91,6			
Suelta lima	4	RL1	8,0			
Alcanza lima	3	R2A	12			
			24,6	R18A	2	Alcanza palanca
			2,0	G1A	2	Agarra palanca
			33,4	M4A+APA	2	Mueve palanca presionando
			33,4	M4A+APA	2	Mueve palanca soltando
			4,0	RL1	2	Suelta palanca
			29,2	EFT	4	Enfoque del ojo
			9,6	R12A	1	Alcanza lima
			8,0	G1A	4	Agarra lima
			22,4	T30	8	Gira lima
			91,6	D3E	4	Mueve lima sacando (Desacoplar).
			12	R2A	3	Alcanza lima
			22,4	G2	4	Reagarre
			11,5	M9B	1	Mueve lima a posición central
			29,2	EFT	4	Enfoque del ojo
			24,3	ETT	4	Tiempo de viaje del ojo
			5,6	G2	1	Reagarre
			22,4	M24A	1	Mueve limas a mesa
			41,6	P1NSE	4	Posiciona limas en mesa
			2,0	RL1	1	Suelta limas
TOTAL DESCARGA			602,2	0,361332		
TIEMPO TOTAL			1584,3			

Fuente: Implementado por el autor con formato MTM de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Anexo 8. Formato Resumen de MTM Picar Cuerpo Lima R-4”

[illegible]

Fuente: Implementado por el autor con formato MTM de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Anexo 9. Formato MTM Decapado Lima MILL-10"

EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS CALI - COLOMBIA DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL HOJA DE ANALISIS DE METODOS						
Producto: MILL -10"		Fecha: 18/09/06		REFERENCIA: ESTUDIO N°:		
Operación : Decapado		Analista: D. Navarro		Aprobado: HOJA: 1 de: 1		
Descripción Mano Izquierda	Nº	MI	TMU	MD	Nº	Descripción Mano Derecha
Llevar Gancho a Tanque con Kleanex						
			29,0	B	1	Inclinarse
			11,5	R10B	1	Alcanza gancho con limas
			2,0	G1A	1	Agarra gancho con limas
			31,9	AB	1	levantarse
			18,3	M10B*1.5	1	Mueve gancho a cuerpo
			37,2	TBC2	1	Giro
			170,0	W10PO	1	Camina a tanque con Kleanex
			18,3	M10B*1.5	1	Mueve gancho a tanque
			29,0	B	1	Se inclina
			18,3	M10B*1.5	1	Mueve gancho bajando
			10,4	P1NSE	1	Posiciona
			2,0	RL1	1	Suelta
			31,9	AB	1	Se levanta
Total Llevar Gancho a Tanque con Kleanex			409,8	0,24588		
Llevar a Gancho a Escurrir						
			29,0	B	1	Se inclina
			12,9	R12B	1	Alcanza gancho
			2,0	G1A	1	Agarra gancho
			13,4	M6B*1.5	1	Mueve gancho hacia cuerpo
			31,9	AB	1	Se levanta
			416,7	0,25	min	Espera
			34,1	SS1C2	1	Paso lateral
			29,0	B	1	Se inclina
			27,3	M20B*1.5	1	Mueve gancho a zona de escurrimiento
			10,4	P1NSE	1	Posiciona gancho
			20,1	M12B*1.5	1	Mueve bajando gancho
			2,0	RL1	1	Suelta gancho
			31,9	AB	1	Se levanta
Total Llevar Gancho a Escurrir			660,6	0,396		
Lava ganchos en Kleanex						
Camina a tanque con Kleanex	1	W2P	30,0	W2P	1	Camina a tanque con Kleanex
Se inclina	1	B	29,0	B	1	Se inclina
Alcanza gancho	1	R12B	12,9	R12B	1	Alcanza gancho
Agarra gancho	1	G1A	2,0	G1A	1	Agarra gancho
Mueve sacando gancho	2	M12B*1.5	40,2	M12B*1.5	2	Mueve sacando gancho
			2,0	RL1	1	Suelta gancho
Regarre de gancho	1	G2	5,6			
			92,0	R10B	8	Alcanza limas
			83,2	P1NSE	8	Posiciona la mano lavando limas
			16,0	G1A	8	Agarra limas
			156,0	M6B+APA	8	Mueve lavando limas
			16,0	RL1	8	Suelta limas
			11,5	R10B	1	Alcanza gancho
			2,0	G1A	1	Agarra gancho
			20,1	M12B*1.5	1	Mueve dejando gancho en tanque

Suelta gancho	1	RL1	2,0			
Alcanza limas	8	R10B	92,0			
Posiciona la mano lavando limas	8	P1NSE	83,2			
Agarra limas	8	G1A	16,0			
Mueve lavando limas	8	M6B+APA	156,0			
Suelta limas	8	RL1	16,0			
Alcanza gancho	1	R10B	11,5			
Agarra gancho	1	G1A	2,0			
			5,6	G2	1	Regarre de gancho
			2,0	RL1	1	Suelta gancho
			31,9	AB	1	Se levanta
			34,1	SS1C2	1	Paso lateral a siguiente gancho
Total Lava ganchos en Kleanex			970,8	0,582		
Lleva gancho a tanque con soda						
Camina a zona de escurrimiento	1	W2P	30,0			
			29,0	B	1	Se inclina
			12,9	R12B	1	Alcanza gancho
			2,0	G1A	1	Agarra gancho
			18,3	M10B*1.5	1	Mueve gancho a cuerpo
			31,9	AB	1	Se levanta
			37,2	TBC2	1	Giro a tanque con soda
			51,0	W3PO	1	Camina a tanque con soda
			58,0	B	2	Se inclina
			18,3	M10B*1.5	1	Mueve gancho a tanque con soda
			40,2	M12B*1.5	2	Mueve gancho bajando en tanque
			63,8	AB	2	Se levanta
			40,2	M12B*1.5	2	Mueve sacando gancho de tanque
			2,0	RL1	1	Suelta gancho
Regarre de gancho	1	G2	5,6			
			161,0	R10B	14	Alcanza limas
			124,8	P1NSE	12	Posiciona la mano lavando limas
			24,0	G1A	12	Agarra limas
			234,0	M6B+APA	12	Mueve lavando limas
			24,0	RL1	12	Suelta limas
			23,0	R10B	2	Alcanza gancho
			4,0	G1A	2	Agarra gancho
			5,6	G2	1	Reagarre de gancho
Total Lleva gancho a tanque con soda			1040,8	0,62448		
Lavar limas en primer tanque						
			34,1	SS1C2	1	Paso lateral a primer tanque con agua
			58,0	B	2	Se inclina
			18,3	M10B*1.5	1	Mueve gancho a tanque con soda
			40,2	M12B*1.5	2	Mueve gancho bajando en tanque
			63,8	AB	2	Se levanta
			40,2	M12B*1.5	2	Mueve sacando gancho de tanque
			2,0	RL1	1	Suelta gancho
Regarre de gancho	1	G2	5,6			
			161,0	R10B	14	Alcanza limas
			124,8	P1NSE	12	Posiciona la mano lavando limas
			24,0	G1A	12	Agarra limas
			234,0	M6B+APA	12	Mueve lavando limas
			24,0	RL1	12	Suelta limas
			23,0	R10B	2	Alcanza gancho
			4,0	G1A	2	Agarra gancho
			11,5	R10B	1	Alcanza gancho
			2,0	G1A	1	Agarra gancho
			5,6	G2	1	Reagarre de gancho
Total lavar limas en primer tanque			876,1	0,52566		

Lavar limas en segundo tanque						
			34,1	SS1C2	1	Paso lateral a segundo tanque con agua
			58,0	B	2	Se inclina
			18,3	M10B*1.5	1	Mueve gancho a tanque
			40,2	M12B*1.5	2	Mueve gancho bajando en tanque
			63,8	AB	2	Se levanta
			40,2	M12B*1.5	2	Mueve sacando gancho de tanque
			2,0	RL1	1	Suelta gancho
Regarre de gancho	1	G2	5,6			
			161,0	R10B	14	Alcanza limas
			124,8	P1NSE	12	Posiciona la mano lavando limas
			24,0	G1A	12	Agarra limas
			234,0	M6B+APA	12	Mueve lavando limas
			24,0	RL1	12	Suelta limas
			23,0	R10B	2	Alcanza gancho
			4,0	G1A	2	Agarra gancho
			11,5	R10B	1	Alcanza gancho
			2,0	G1A	1	Agarra gancho
			5,6	G2	1	Reagarre de gancho
Total lavar limas en segundo tanque			876,1	0,52566		
Lavar con pistola a presión						
			37,2	TBC2	1	Giro del cuerpo a mesa
			34,0	W2PO	1	Camina a mesa
			20,1	M12B*1.5	1	Mueve gancho a mesa
			10,4	P1NSE	1	Posiciona gancho en mesa
			2,0	RL1	1	Suelta gancho en mesa
			37,2	TBC2	1	Giro del cuerpo a pistola
			30,0	W2P	1	Camina a pistola
			12,9	R12B	1	Alcanza pistola
			2,0	G1A	1	Agarra pistola
			13,4	M12B	1	Mueve pistola a cuerpo
			37,2	TBC2	1	Giro del cuerpo a mesa
Camina un paso hacia mesa	1	W1P	15,0			
Mueve pistola apuntando a lima	1	M12B	13,4			
Mueve chorro de agua lavando lima	8	M8B	84,8			
Giro del cuerpo a tanque	1	TBC2	37,2			
Mueve pistola a posición	1	M12B	13,4			
Suelta pistola	1	RL1	2,0			
Giro del cuerpo a mesa	1	TBC2	37,2			
Avanza un paso hacia mesa	1	W1P	15,0			
			12,9	R12B	1	Alcanza limas
			72,8	P1NSE	7	Posiciona la mano lavando limas
			14,0	G1A	7	Agarra limas
			136,5	M6B+APA	7	Mueve volteando limas
			14,0	RL1	7	Suelta limas
			37,2	TBC2	1	Giro del cuerpo a tanque
			15,0	W1P	1	Paso hacia pistola
Alcanza pistola	1	R10B	12,9			
Agarra pistola	1	G1A	2,0			
Giro del cuerpo a mesa	1	TBC2	37,2			
Mueve pistola apuntando a lima	1	M12B	13,4			
Mueve chorro de agua lavando lima	8	M8B	84,8			
Mueve pistola a posición	1	M10B	12,2			
Giro del cuerpo a tanque	1	TBC2	37,2			
Suelta pistola	1	RL1	2,0			
Camina hacia mesa	1	W2P	30,0			
			12,9	R12B	1	Alcanza limas
			72,8	P1NSE	7	Posiciona la mano lavando limas
			14,0	G1A	7	Agarra limas
			136,5	M6B+APA	7	Mueve volteando limas
			14,0	RL1	7	Suelta limas
			11,5	R10B	1	Alcanza gancho
			2,0	G1A	1	Agarra gancho
			18,3	M10B*1.5	1	Mueve sacando gancho de mesa
			18,3	M10B*1.5	1	Mueve gancho a cuerpo
Total lavar con pistola a presión			1288,8	0,77328		

[illegible]

Fuente: Implementado por el autor con formato MTM de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Anexo 10. Formato Resumen de MTM Decapado MILL-10"

[illegible]

Fuente: Implementado por el autor con formato MTM de Empresa Andina de Herramientas S.A..

Anexo 11. Procedimiento de Operación y limpieza de Maquinaria



EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS S.A.



PROCEDIMIENTO DE OPERACION Y LIMPIEZA DE MAQUINARIA

SECCION LIMADORAS Y PICADORAS

MAQUINA: # 408 - CELDA RT-6

OPERACIÓN PICAR CANTOS (LIMAS RT-6)

D. PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA

No.	OPERACION	FRECUENCIA	IMPLEMENTOS	METODO	RESPONSABLE	TIEMPO ESTIMADO
1	 <p>Limpieza del cuerpo de la máquina</p>	Diario	Wipe Brocha	Sacudir con brocha y limpiar la máquina con wipe humedecido con solución desengrasante	Operario	5 min.
2	Barrer el piso	Diario	Escoba	Barrer el piso recogiendo limalla, tiza, basura, etc.	Operario	4 min.
3	 <p>Limpieza de motor</p>	C/ 45 días	Wipe Brocha	Limpiar el cuerpo del motor con wipe humedecido con solución desengrasante. Quitar la tapa y limpiar el ventilador y la parte interna.	Operario	10 min.

Fuente: Implementado por el equipo Kaizen de RT-8".

Anexo 12 Sistema MTM- 4

El sistema MTM-4 es prácticamente una derivación del sistema MTM-1 con la diferencia que sintetiza en uno solo las parejas de movimientos alcanzar y coger, y mover y posicionar en los movimientos obtener y place respectivamente. Los demás movimientos se conservan con algunas variaciones en la codificación.

Se dice que aplicar el método MTM-4 requiere de la quinta parte del tiempo necesario para aplicar el sistema MTM-1.

En esta guía se pretende explicar los movimientos de mayor uso a nivel general.

Movimiento GET (Obtener)

Como el verbo lo indica, es la acción de obtener un objeto, de manera que la mano debe alcanzarlo y cogerlo. Está conformado por diferentes movimientos: Alcanzar, coger y soltar.

Reach (Alcanzar): Es el movimiento que se realiza cuando el propósito principal es mover la mano o los dedos a un lugar determinado o donde se encuentra un objeto dado.

Grasp (Coger): Movimiento básico de los dedos o la mano para asegurar el control de un objeto tal como cerrar los dedos o la mano para sujetar algo.

Release (Soltar): Movimiento básico de los dedos o la mano para dejar de controlar un objeto tal como abrir los dedos o la mano para soltar algo.

La distancia que la mano recorre al alcanzar se indica con los tres últimos dígitos del código. Si se deja en blanco los espacios de la distancia del alcanzar, el computador solo interpretará los movimientos de coger y soltar.

La notación del movimiento *Get* es como se muestra a continuación:

Figura 5. Notación del movimiento *Get*

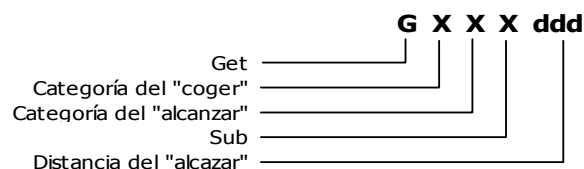


Tabla 24. Codificación Movimiento Get

G0	1		ddd	Hacer contacto con un objeto en una posición siempre fija o en la otra mano ($\leq 3''$)**
	2		ddd	Hacer contacto con un objeto cuya posición varía muy poco en el tiempo.
	3		ddd	No hay contacto. Colocar la mano en posición para el siguiente movimiento.
	4		ddd	Hacer contacto con un objeto de diámetro menor a 1/8" o que requiera cuidado.
G1	1		ddd	Coger y levantar fácilmente un objeto en posición siempre fija o en la otra mano.**
	2		ddd	Coger y levantar fácilmente un objeto cuya posición varía muy poco en el tiempo.
	3		ddd	Coger y levantar un objeto plano, muy pequeño o que requiera cuidado.
	C	1	ddd	Coger y levantar con interferencia de otro objeto, un objeto de diámetro entre 1/2" y 1".
		2	ddd	Coger y levantar con interferencia de otro objeto, un objeto de diámetro entre 1/4" y 1/2".
		3	ddd	Coger y levantar con interferencia de otro objeto, un objeto de diámetro menor a 1/4".
G2				Reagarrar un objeto sin perder el control sobre él. No hay distancia.
G3				Transferir un objeto a la otra mano.
G4	1		ddd	Seleccionar y coger un objeto, que está junto a otros, cuyo diámetro es menor a 1 pulg3.
	2		ddd	Seleccionar y coger un objeto, que está junto a otros, cuyo diámetro está entre 0.01 y 1 pulg3.
	3		ddd	Seleccionar y coger un objeto, que está junto a otros, cuyo diámetro es menor a 0.01 pulg3.

** Si se necesita cambio de dirección, cambiar por G02 ó G12.

Fuente: MTM-4 User Manual

Grupo G0X

Este grupo se caracteriza por el valor cero en la segunda posición de la notación: la característica del movimiento coger. El cero significa que los dedos no se cierran o que la mano no abarca totalmente al objeto en el momento de cogerlo, el control sobre el mismo se logra haciendo contacto con su superficie. Un ejemplo típico es alcanzar una caja para empujarla a una banda transportadora.

Las cuatro variaciones de este tipo de agarre, las categorías del movimiento alcanzar, se diferencian en la localización inicial o final del objeto, es decir, el lugar a donde tiene que desplazarse la mano.

La clasificación G01 se utiliza para movimientos de alcanzar objetos en una posición fija (tales como los botones de arranque de una máquina) o que se encuentran en la otra mano. La característica fundamental para esta clasificación es que los objetos siempre se encuentran en el mismo lugar, de manera que quien realiza la operación puede hacer un esquema mental del sitio de trabajo y hacer este movimiento inclusive con los ojos cerrados, debido a que ha memorizado la ubicación del objeto.

La clasificación G02 describe movimientos de alcanzar y objetos cuya posición varía, aunque poco, con el tiempo. Un ejemplo típico es alcanzar el mouse del computador, no lo dejamos en el mismo punto cada vez que lo utilizamos pero sabemos que está siempre sobre el pad, de modo que su posición varía muy poco con el tiempo.

La clasificación G03 es la única en la que contacto no ocurre el todo. Esta simplemente se refiere a dejar la mano a un lado o en posición para el próximo

movimiento, tal como hace un ajedrecista al dejar su mano a un lado del tablero cuando ha realizado su jugada.

La clasificación G04 se refiere a alcanzar un objeto muy pequeño que reposa sobre una superficie plana, o un objeto frágil, o un objeto que pueda representar algún daño para la mano o los dedos. Por ejemplo, alcanzar una arandela sobre una mesa, recoger un pedazo de vidrio roto del suelo o hacer contacto con una taza de café caliente antes de posicionarla en la mesa.

Grupo G1XX

Las clasificaciones G11 y G12 describen los movimientos requeridos para alcanzar y levantar un objeto con un simple moviendo de cerrar los dedos.

La clasificación G13 describe el movimiento de alcanzar y levantar un objeto plano (por ejemplo una lámina o una hoja de papel) o un objeto pequeño de manera que se requiere un movimiento más preciso por parte de los dedos.

La clasificación G1CX se refiere a la acción de alcanzar y levantar un objeto cilíndrico o casi cilíndrico en un lugar donde hay interferencia de otros objetos, sea encima, debajo o por alguno de sus lados, como alcanzar un lapicero que se encuentra en el cajón del escritorio.

G2 y G3

G2 se denomina “Reagarrar”. En este movimiento no ocurre ningún alcanzar, debido a que el objeto ya se encuentra en la mano y por lo tanto existe control sobre él. Por ejemplo cuando presionamos la parte superior del portaminas para que salga la mina y lo ponemos en la posición adecuada para escribir. Aquí no hubo alcanzar y tampoco se perdió el control sobre el portaminas.

La clasificación G3 tampoco implica el movimiento alcanzar, puesto que se trata de transferir un objeto de una mano a otra.

Grupo G4X

Implica los movimientos de alcanzar, seleccionar y levantar un objeto que se encuentra junto a otros, como ocurre cuando alcanzamos un dulce en una caja de dulces.

- **Movimiento *PLACE* (Ubicar)**

Este movimiento involucra los movimientos de mover y posicionar.

Move (Mover): Movimiento básico de la mano o los dedos que se realiza cuando el objetivo es transportar un objeto a su destino.

Position (Posicionar): Elemento básico de la mano o los dedos empleados para alinear, orientar o acoplar un objeto con otro de una manera específica.

El movimiento de ubicar puede contener los elementos mover y posicionar, o solamente estar compuesto por un mover, tal como ocurre cuando movemos un objeto contra un tope. De la misma manera ubicar puede contener solamente el elemento posicionar.

Tabla 25. Codificación movimiento *Place*

P0	1		ddd	ww	Mover un objeto hasta un tope o a la otra mano. No hay posicionar.
	2		ddd	ww	Mover un objeto a una posición que varía muy poco con el tiempo. No hay posicionar.
	3	T	ddd	ww	Sacudir o agitar. No hay posicionar.
P1			ddd	ww	Mover objeto con cuidado. No hay posicionar.
P2			ddd	ww	Movimiento con holgura entre 0.300" y 0.700".
P3			ddd	ww	Movimiento con holgura entre 0.050" y 0.300".
	1		ddd	ww	El objeto tiene forma simétrica (Más de 10 maneras de acoplar).
	2		ddd	ww	El objeto tiene forma semi - simétrica (Entre 2 y 10 maneras de acoplar).
	3		ddd	ww	El objeto no tiene forma simétrica (1 manera de acoplar).
		A	ddd	ww	Alinear en una superficie.****
	0		ddd	ww	De fácil inserción: Diámetro $\leq 0.125"$
	1		ddd	ww	De fácil inserción: Diámetro $\leq 0.75"$
	2		ddd	ww	De fácil inserción: Diámetro $\leq 1.25"$
	3		ddd	ww	De fácil inserción: Diámetro $\leq 1.75"$
	5		ddd	ww	De difícil inserción: Diámetro $< 0.125"$
	6		ddd	ww	De difícil inserción: Diámetro $< 0.75"$
	7		ddd	ww	De difícil inserción: Diámetro $< 1.25"$
	8		ddd	ww	De difícil inserción: Diámetro $< 1.75"$

*** Para diámetros menores a 0.010" se añade APA con la frecuencia apropiada.

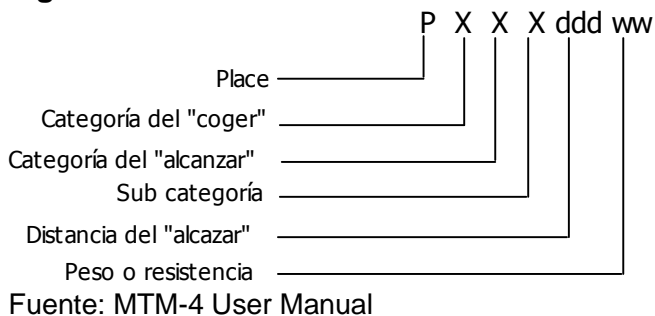
**** Si presenta dificultad, añadir G2.

Fuente: MTM-4 User Manual

De un modo semejante al movimiento Get, la distancia recorrida por la mano al realizar el movimiento debe especificarse en la notación, de lo contrario el computador solo interpretará los movimientos básicos.

La notación para el movimiento ubicar es como se indica a continuación:

Figura 6. Notación del movimiento *Place*



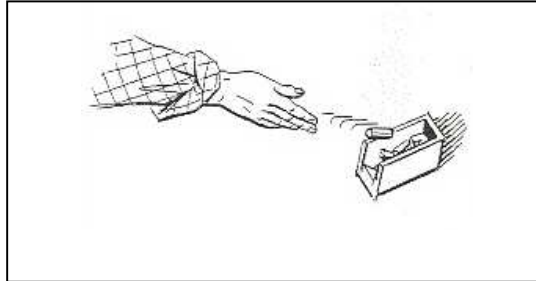
Grupo P0Xdddww

Este grupo se caracteriza por contener únicamente el movimiento mover y por el nivel de control requerido sobre el objeto. No se posiciona el objeto al final del movimiento. Si la holgura del objeto es mayor a 0.7" (1.78 cm) el movimiento puede ser ejecutado sin realizar un posicionar y se coloca 0 (cero) en la segunda posición de la notación. Por ejemplo: P012-12 = Mover un objeto a una posición general.

La clasificación P01 se utiliza para describir objetos que requieren un control mínimo. Dicho movimiento se describe como mover un objeto a la otra mano o moverlo hacia un tope. Este se complementa con G01 al momento de la transferencia del objeto a la otra mano: P01 indica el movimiento de una mano hacia la otra y G01 es el movimiento propio de la transferencia del objeto entre manos.

La clasificación P02 es la más común de todos. Este movimiento requiere un control medio sobre el objeto, de manera que con un pequeño vistazo sobre el mismo en el momento de hacer el movimiento es suficiente para llevarlo a la ubicación deseada. Una variación especial de esta clasificación es P02T, que ocurre cuando ubicamos un objeto con un pequeño lanzamiento (como cuando arrojamos un papel al cesto de basaura (Figura 7).

Figura 7. Posicionar mediante un pequeño lanzamiento

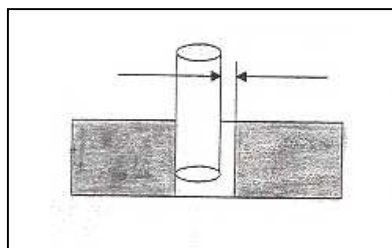


Fuente: MTM-4 User Manual

La clasificación P03 describe el más controlado movimiento en el sistema 4M que no requiere ningún movimiento de posicionar. Consiste en mover un objeto a una localización exacta, donde la holgura en el destino es mayor a 0.7". Este movimiento control mental y visual mientras el objeto es movido a su destino. Un ejemplo típico es colocar un envase de gaseosa en la canasta plástica donde generalmente son transportados.

Cuando la holgura (Figura 8) del objeto es igual o menor a 0.7" se hace necesario agregar el componente posicionar. En la tabla del movimiento PLACE se determinan los diferentes códigos asignados según la holgura y la simetría de cada objeto. En la notación, la segunda casilla corresponde a la categoría del posicionar y la tercera a la simetría del objeto

Figura 8. Definición de la gráfica de la holgura



Fuente: MTM-4 User Manual

Simetría:

La simetría se refiere a la relación entre la sección transversal de la parte a ser insertada y su destino. Determina la rotación requerida para orientar el objeto en su destino de manera que ocurra el acoplamiento. Existen tres tipos de simetría:

- Acople simétrico: ocurre cuando el objeto tiene mas de 10 maneras diferentes de acoplarse en su destino, como un tornillo y su arandela.
- Acople semi simétrico: ocurre cuando el objeto tiene entre 2 y 10 maneras diferentes de acoplarse con su destino, como es el caso de posicionar una llave de boca fija en la cabeza de un tornillo de cabeza hexagonal.
- Acople no simétrico: ocurre cuando el objeto tiene una sola forma de acoplarse con su destino como lo es acoplar la memoria USB en el computador.

Profundidad de inserción:

En el movimiento ubicar también tiene gran importancia la profundidad de la inserción, definida como la distancia que el objeto debe ser movido después de alcanzar el punto inicial del acople. Entonces, la profundidad de inserción se relaciona con el grado de dificultad en la manipulación del objeto. La clasificación de los movimientos en fáciles o difíciles según la manipulación nos permite diferenciar entre los objetos que no requieren cambios en la forma de cogerlos para completar la acción (Place) de aquellos que sí pueden requerir hasta de un reagarrar.

Para que un movimiento sea considerado de difícil manipulación este debe incluir: distancia desde el punto de acople hasta el punto de agarre del objeto mayor a 3"; materiales flexibles o que no se pueda visualizar el objeto durante todo o una parte del posicionar.

Notación PXXA

La notación PXXA es una condición especial del ensamble en donde no ocurre una verdadera inserción. Se denomina alineamiento con una superficie porque ocurre cuando se ubica un objeto en un destino cuyo punto de terminación está en un rango menor a 1.78 cm. Usualmente se considera el alineamiento con una superficie como simétrico, de todos modos cuando analizamos la superficie solo nos concierne la tolerancia y la facilidad de manipulación del objeto.

Ubicar con peso o resistencia:

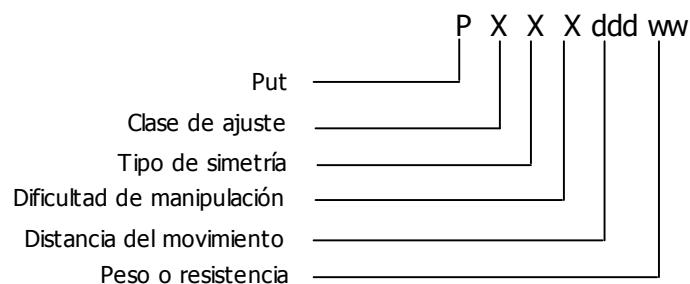
La codificación MTM-4M contiene 2 casillas para indicar el peso neto efectivo del objeto cuando este sea mayor a 2.5 lb, debido a que pesos mayores hacen más difíciles los movimientos y por lo tanto consumen más tiempo durante su ejecución. Para efectos de la notación, dicho peso en libras se redondeará al siguiente número entero, por ejemplo, si se tiene un peso de 7.3 lb, entonces el número a colocar en la notación será 08.

- Si el peso es sostenido por una sola mano, entonces se indicará la notación para la mano correspondiente.
- Si el peso es distribuido en las dos manos, entonces se indicará la notación para ambas manos pero con el peso dividido en dos.
- Si el peso está más recargado en una mano que en la otra, entonces es necesario encontrar la proporción de peso que se ha de asignar a cada mano a la hora de hacer la notación.
- Si el peso se encuentra sobre una superficie, el peso neto efectivo el objeto es el producto entre el peso del objeto y el coeficiente de fricción, para el cual generalmente se acepta un valor de 0.4; pero para casos de metal sobre metal, donde se necesita precisión, se utiliza un coeficiente de 0.3.

- **Movimiento *PUT* (Colocar)**

Colocar fue desarrollado por los creadores del método MTM-1 y es el predecesor del movimiento ubicar (*Place*). Colocar solamente incluye los movimientos de mover y posicionar descritos anteriormente. La diferencia entre *Put* y *Place* consiste en que *Put* obliga al analista de métodos a hacer su propio juicio sobre las tolerancias (*Loose, Close, Exact* – Holgado, Ajustado, Exacto) y tiene una profundidad de inserción de 1". Si se requiere un mover sin posicionar, entonces se utilizará la notación *Place* correspondiente.

Figura 9. Notación del movimiento *Put*



Fuente: MTM-4 User Manual

Tabla 26. Codificación del movimiento *Put*

P1		Holgado, sin fricción ni presión.
P2		Ajustado, con fricción o presión.
P3		Exacto, bastante presión.
	1	El objeto tiene forma simétrica (Más de 10 maneras de acoplar).
	2	El objeto tiene forma semi - simétrica (Entre 2 y 10 maneras de acoplar).
	3	El objeto no tiene forma simétrica (1 manera de acoplar).
	E	Objeto de fácil manipulación, incluye inserción de mas de 1".
	D	Objeto de difícil manipulación, incluye inserción de mas de 1".

Fuente: MTM-4 User Manual

Es importante resaltar que las definiciones de clase de ajuste (tolerancia) no son intercambiables entre las notaciones *Put* y *Place*. Las primeras son más subjetivas:

- *Loose* (Holgado): Tolerancia apreciable, pero no mas de ½" en total.
- *Close* (Ajustado): Tolerancia apenas visible, las partes están ajustadas y se deslizarán con una mínima resistencia o fricción.
- *Exact* (Exacto): la tolerancia no es visible. Poca holgura, pero las partes aún pueden ser acopladas manualmente.

La relación de simetría que se maneja es la misma explicada anteriormente.

La notación colocar incluye hasta 1" de inserción como parte del análisis del movimiento. Para inserciones mayores a 1" es necesario utilizar la notación P0X (*Place*).

La clasificación de la manipulación en fácil o difícil se emplea para diferenciar los objetos que no requieren cambios en la forma de cogerlos para completar la acción de aquellos que sí pueden requerir hasta de un reagarrar. Tal como se se explicó anteriormente, para que un movimiento sea considerado de difícil manipulación este debe incluir: distancia desde el punto de acople hasta el punto de agarre del objeto mayor a 3"; materiales flexibles o que no se pueda visualizar el objeto durante todo o una parte del posicionar.

- **Movimiento *TURN* (Voltear)**

Voltear es el movimiento básico para rotar la mano sobre el eje longitudinal del antebrazo, tal como el movimiento que realizamos al abrir la puerta. *Turn* maneja

solamente dos variables, conmutables todas entre sí: ángulo de rotación y el peso o resistencia del objeto.

Tabla 27. Codificación del movimiento Turn

T1		Rotar 30°
T2		Rotar 60°
T3		Rotar 90°
T4		Rotar 120°
T5		Rotar 150°
T6		Rotar 180°
T		Mano vacía, no hay objeto. Voltear solamente la mano.
	S	Peso o resistencia menor a 2 lb.
	M	Peso o resistencia entre 2.1 y 10 lb.
	L	Peso o resistencia entre 10.1 y 35 lb.

Fuente: MTM-4 User Manual

Para la notación, se debe redondear el valor del ángulo a rotar al siguiente ángulo múltiplo de 30° que se muestra en la tabla. Por ejemplo, si la rotación es de 75°, entonces se tomará 90° como valor apropiado, por lo tanto la notación será T3X.

Voltear se lleva a cabo con la mano vacía o con un objeto en la mano. Cuando se rota un objeto, puede presentarse una ligera demora en el movimiento causada por el peso del objeto.

Es importante resaltar que el ángulo máximo de rotación es de 180° debido a la capacidad muscular de la mano.

- **Movimiento *CRANK* (Manivela)**

El movimiento manivela se describe como el movimiento básico empleado cuando la mano sigue una trayectoria circular para girar un objeto, con el pivote del antebrazo en el codo y el brazo prácticamente fijo. Un ejemplo es rotar la manivela del carro transversal de un torno convencional.

El movimiento manivela depende de la continuidad del mismo (continuo o intermitente), del diámetro de la manivela y de la resistencia de la misma.

Tabla 28. Codificación del movimiento *Crank*

CC	Giro de manivela continuo.	ddd ww
CI	Giro de manivela intermitente.	ddd ww

Si se realiza media revolución, usar POX en la distancia y resistencia apropiadas.

Fuente: MTM-4 User Manual

- *Manivela continua:* Rara vez sucede con la mano vacía. No hay interrupciones en el movimiento, rota el objeto por una o mas revoluciones. Esta notación incluye un suplemento de tiempo por la par de movimiento debido a la aceleración que adquiere la mano mientras lo realiza.
- *Manivela intermitente:* Sucede cuando el objeto que esta siendo girado requiere de arranques y paradas adicionales entre las revoluciones.

Existen tres factores que afectan el tiempo total requerido para el movimiento manivela:

- *Diámetro de la manivela:* Debe ser medido des el punto de agarre. Esta medida se ingresa en el campo de distancia en la notación MTM-4M. El límite máximo para el diámetro es 20" o 70 cm. Si el diámetro es mayor a 20" o 70 cm, se utiliza P0X (*Place*).
- *Resistencia de la manivela:* De la misma como en la notación ubicar (*Place*), si el peso del objeto es mayor a 2.5 lb, se coloca el peso redondeado al siguiente numero entero expresado en libras en la casilla correspondiente al peso en la notación. La resistencia debe ser medida o estimada.
- *Número de revoluciones:* Indica el número de giros dado a la manivela, tanto parte entera como en porciones; pero nunca menor a ½ revolución. Por ejemplo 1.5 vueltas, 11.33 vueltas, etc.

No se permite un movimiento de manivela de menos de ½ vuelta, en vez de ello se debe clasificar como P0X (*Place*). Los valores fracciones menores a ½ vuelta solo son permitidos para movimientos de manivela continuos. Si ambas manos realizan movimientos de manivela simultáneos, pero de diferentes condiciones, entonces debe determinarse el de mayor tiempo de duración.

- **Movimiento *DISENGAGE* (Desacoplar)**

Es el movimiento básico de la mano o el dedo empleado para separar un objeto de otro objeto en donde hay una repentina situación de resistencia. Este es un movimiento especial, que puede ser también descrito como un tiempo compensatorio de un movimiento en el cual un operario pierde el control de su extremidad a través de alguna distancia. Un ejemplo típico es cuando desconectamos cualquier dispositivo eléctrico, hacemos un pequeño esfuerzo que nos obliga a perder el control de la mano por una pequeña distancia debido al impulso.

Desacoplar incluye: (a) movimientos menores antes de romper el contacto; (b) superar la resistencia que el movimiento implica; y (c) una distancia de movimiento

involuntario inmediatamente después de superar la resistencia. Precisamente el movimiento desacoplar es necesario cuando se observen estas tres características a la hora de desacoplar un objeto.

Las variables involucradas en el movimiento desacoplar clase de ajuste y manipulación, bajo las mismas definiciones anteriormente dadas:

Tabla 29. Codificación del movimiento *Disengage*

D1		Ajuste holgado, con retroceso voluntario de la mano $\leq 1''$
D2		Ajuste preciso, con retroceso voluntario de la mano entre 1 y 5''
D3		Ajuste exacto, con retroceso voluntario de la mano mayor a 5''
	E	Objeto de fácil manipulación, no requiere ajustar el agarre de la mano.
	D	Objeto de difícil manipulación, requiere ajustar el agarre de la mano antes del desacople.

Fuente: MTM-4 User Manual

Ajustes o tolerancias:

- *Loose* (Holgado): Tolerancia apreciable, pero no más de ½" en total.
- *Close* (Ajustado): Tolerancia apenas visible, las partes están ajustadas y se deslizarán con una mínima resistencia o fricción.
- *Exact* (Exacto): la tolerancia no es visible. Poca holgura, pero las partes aún pueden ser acopladas manualmente.

Manipulación: La clasificación de los movimientos en fáciles o difíciles según la manipulación nos permite diferenciar entre los objetos que no requieren cambios en la forma de cogerlos para completar la acción (Place) de aquellos que sí pueden requerir hasta de un reagarrar. La fácil manipulación se presenta cuando el objeto puede ser sujetado y desacoplado sin cambiar la forma de sujeción. La manipulación difícil se presenta cuando el objeto no puede ser desacoplado sin un primer reagarre.

Importante: Si necesita tener algún tipo de cuidado con el fin de evitar cualquier tipo de daño al operador o al objeto, se debe aumentar la clase de ajuste a la siguiente que esté por encima. De este modo, si ya se tiene un ajuste tipo D3X, entonces es necesario cambiar el método de trabajo definitivamente.

En esta notación no se tiene campos asignados para las distancias y los pesos.

- **Movimiento *APPLY PRESSURE* (Aplicar Presión)**

Se define como la aplicación de fuerza muscular a un objeto cuya resistencia se manifiesta después de una manera controlada. La intención no es realizar movimiento alguno ni tampoco es necesario que lo haya; pero si ocurre el movimiento estará limitado a ¼" (0.64 cm) como máximo.

Tabla 30. Codificación del movimiento *Apply Pressure*

APA	Aplicar fuerza + Mantener esfuerzo + Soltar fuerza
APB	Reagarrar + Aplicar fuerza + Mantener el esfuerzo + Soltar fuerza
AF	Aplicar fuerza
DM	Mantener el esfuerzo
RLF	Soltar fuerza

Fuente: MTM-4 User Manual

La diferencia entre las dos variaciones de aplicar presión, APB y APA, está en el reagarre inicial que hay que hacer en el APB. La cantidad de fuerza necesaria para el movimiento no se considera. Aplicar presión no incluye movimientos de alcanzar, remover la mano, dedos u otra extremidad del cuerpo del sitio donde esté ocurriendo.

Aplicar presión ocurre en tres etapas, en la primera se aplica el esfuerzo inicial (*Apply force* - Aplicar fuerza), en la segunda se mantiene dicho esfuerzo por un instante (*Dwell* – sostener), y en la tercera etapa se libera la fuerza (*Release force* – soltar fuerza).

- La notación de aplicar presión no tiene casillas asignadas a la distancia ni al peso.
- No se pretende hacer movimiento alguno. Si ocurre, el movimiento estará limitado a ¼" (0.64 cm) como máximo
- Si el movimiento es mayor a ¼" (0.64 cm):
 - ✓ Y seguido por un movimiento de distancia que no tiene peso o resistencia, se permite el aplicar presión adicionándole la notación apropiada al otro movimiento, ó
 - ✓ Seguido por un movimiento de distancia que tiene peso o resistencia significativos, se debe colocar el movimiento apropiado indicando el peso o resistencia, en vez del aplicar presión.

Cada uno de los componentes del aplicar presión (Aplicar fuerza AF, Sostener DM y Soltar fuerza RLF) también son notaciones válidas en el sistema MTM-4M. Esto

debido a situaciones donde uno o más componentes son internos al proceso, es decir, se realizan simultáneamente a un tiempo de proceso.

- **Movimientos *EYES* (De los ojos)**

Antes de entrar en detalle con los movimientos realizados por los ojos, es necesario aclarar algunos conceptos:

Primero, debemos entender que los ojos son constantemente usados por todas las acciones del cuerpo ya descritas en este texto. El uso de los ojos durante acciones como obtener, ubicar, voltear, etc., está incluido en el desarrollo normal de las mismas. Solo se hace necesario para el analista observar el movimiento de los ojos cuando este sea el factor de control. Esto ocurre cuando las otras acciones hayan terminado, mientras el ojo inspecciona una parte con ciertas características, o cuando las acciones del ojo exceden otros movimientos simultáneos.

Finalmente, es importante entender qué acción realiza el ojo, y en particular el área que el ojo observa. Esta área es importante por la siguientes dos razones:

- El analista necesita conocer el área total observada por el ojo para conocer el número de enfoques (Enfocar el ojo) necesarios.
- Actividades manuales simultáneas desarrolladas por las manos o los dedos dentro del área de visión normal son más fáciles de llevar a cabo porque el operador puede ver lo que está haciendo.

Tabla 31. Codificación del movimiento *Eyes*

ET			Movimiento de los ojos
	ttt		Distancia que recorre enojo (Longitud del objeto observado)
		dd	Distancia entre los ojos y el objeto.
EF			Enfocar

Fuente: MTM-4 User Manual

Eye focus (Enfocar)

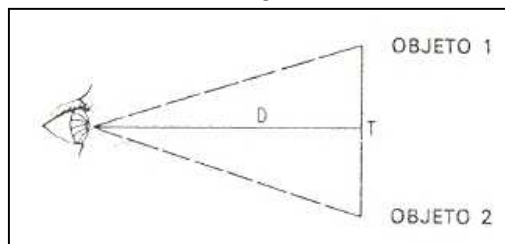
Se define como el elemento visual y mental básico de mirar un objeto lo suficiente como para determinar una característica distinguible y tomar una simple decisión de sí o no. (Juicios complicados requieren un análisis independiente y por lo tanto de otras técnicas).

La notación de enfocar EF y la de tiempo de desplazamiento del ojo ET se deben ingresar al software MTM-LINK en el campo correspondiente a la notación para la

mano derecha. Este requerimiento es necesario para un adecuado cálculo de tiempos que realiza el sistema.

Enfocar es un valor constante de tiempo para determinar una característica distinguible dentro del área normal de visión.

Figura 10. Definición de las medidas para el movimiento de los ojos



Fuente: MTM-4 User Manual

Eye travel (Desplazamiento del ojo)

Se define como el movimiento básico del ojo empleado para cambiar el eje de visión de un lugar a otro. Al igual que el movimiento enfocar, el desplazamiento del ojo ET se debe ingresar al software MTM-LINK en el campo correspondiente a la notación para la mano derecha.

El analista debe determinar la distancia que el ojo recorre entre los dos puntos (límites) que observa. Esta distancia se ingresa en la casilla asignada para la distancia (ttt) en la notación.

Finalmente, debe determinar la distancia que existe entre el ojo y la línea de desplazamiento del mismo. Esta se ingresa en la casilla de la distancia en la notación (dd).

- **Movimientos *BODY* (Del cuerpo)**

Tabla 32. Codificación de los movimientos del cuerpo

PIE	FM		Movimiento promedio de 2-4" en una dirección.
	FMP		El mismo anterior, incluyendo "Con mucha presión".
PIERNA	LM		MOVIMIENTO DE LA PIERNA
		ddd	Distancia en pulgadas.
TRONCO	B		Inclinar el tronco.
	AB		Levantarse despues de estar inclinado.
	S		Agacharse
	AS		Levantarse despues de estar agachado.
	KOK		Arrodillarse
	AKOK		Levantarse despues de arrodillarse
	KBK		Arrodillarse en ambas rodillas
	AKBK		Levantarse despues de arrodillarse en ambas rodillas
	SIT		Sentarse
	STD		Levantarse despues de estar sentado.
	TBC1		Girar cuerpo apoyando una pierna.
	TBC2		Girar cuerpo usando ambas piernas.
DESPLAZAMIENTO	SSC1		Desplazamiento lateral usando una sola pierna.
	SSC2		Desplazamiento lateral usando ambas piernas.
	WP	ppp	Caminar hacia adelante o hacia atras con pasos promedio de 34"
	WPO	ppp	Caminar hacia adelante o hacia atras con dificultad (peso, piso co aceite, arena, etc)
		ppp	Numero de pasos

Fuente: MTM-4 User Manual

Los movimientos del cuerpo involucran las otras partes del cuerpo diferentes a los brazos, como el tronco y los pies, llamados también movimientos de los músculos largos.

Estas notaciones deben ser indicadas en las casillas correspondientes en los movimientos de la mano izquierda.

Movimiento del pie (*foot motion*): Se define como el movimiento de bola del pie, o de hacia arriba o abajo con el talón como punto de pivote. Un ejemplo típico es el de presionar pedal para accionar una máquina, tal como la máquina de coser.

Movimiento de la pierna (*leg motion*): Es el movimiento de la pierna en cualquier dirección con la rodilla o la cadera como pivote, donde el propósito predominante es mover la rodilla en vez del cuerpo. Aunque las piernas son utilizadas para caminar, pasos laterales, etc. El propósito de mover la pierna es reacomodarla desde otra posición diferente.

Movimientos de inclinarse y levantarse después de inclinarse (*bend, arise from bend*): Son los, movimientos de bajar el cuerpo haciendo un arco con el mismo, desde una posición de pie, de manera que las manos puedan alcanzar objetos a la altura de las rodillas. Como se puede ver en la figura 15, esta notación no tiene lugar para distancias ni pesos.

Movimientos de agacharse y levantarse después de agacharse (soop, arise from stop): Son los movimientos de bajar el cuerpo haciendo un arco con el mismo, desde una posición de pie, de manera que las manos puedan alcanzar objetos en el suelo.

Aunque los movimientos de inclinarse y agacharse no hacen referencia a los pesos que el trabajador debe cargar, el analista debe procurar los movimientos que a su criterio sean los más seguros para el método de trabajo.

Movimientos de arrodillarse en una rodilla y levantarse después de arrodillarse en una rodilla: Movimientos de bajar el cuerpo desde una posición erguida, colocando un pie adelante o atrás del cuerpo y bajando una rodilla hasta el suelo. En este movimiento no se tiene en cuenta el peso ni la distancia.

Movimientos de arrodillarse en ambas rodillas y levantarse después de arrodillarse en ambas rodillas: Movimientos de bajar el cuerpo desde una posición erguida colocando un pie adelante o atrás del cuerpo y bajando una rodilla hasta el suelo, y bajando a continuación la otra rodilla hasta el suelo de manera adyacente a la primera. En este movimiento no se tiene en cuenta el peso ni la distancia.

Movimientos de sentarse y pararse: Sentarse es el movimiento de bajar el cuerpo desde una posición erguida directamente en frente de una silla, transfiriendo el peso del cuerpo a la silla. Pararse es el movimiento de transferir el peso del cuerpo desde la silla levantando el cuerpo a una posición erguida directamente en frente de la silla. En estos movimientos no se tienen en cuenta el peso ni la distancia.

Movimiento de girar el cuerpo: Es un movimiento rotacional del cuerpo desarrollado en uno o dos momentos. Primer caso ocurre cuando es necesario girar el cuerpo 90° o menos, y cuando los movimientos siguientes pueden iniciar inmediatamente después que el pie guía toca el suelo. El segundo caso ocurre cuando es necesario girar el cuerpo 90° o menos, y cuando el pie de apoyo debe ser posicionado junto al pie guía, antes de poder empezar con los siguientes movimientos. En estos movimientos no se tienen en cuenta el peso ni la distancia.

Movimiento de paso lateral: Movimiento lateral del cuerpo, sin rotación, desarrollado en uno o dos momentos. Primer caso ocurre cuando los movimientos siguientes pueden iniciar inmediatamente después que el pie guía toca el suelo. El segundo caso ocurre cuando el pie de apoyo debe ser posicionado junto al pie guía, antes de poder empezar con los siguientes movimientos. En estos movimientos no se tienen en cuenta el peso ni la distancia.

Movimiento caminar: Es movimiento hacia delante o hacia atrás del cuerpo realizado con pasos alternados. Para ambos casos debe indicarse el número de pasos que se deben dar, en las casillas destinadas para tal fin en la notación. El primer caso es caminar normal, sin peso. El segundo caso es caminar con peso, lo que hace que generalmente demos pasos un poco mas cortos y por lo tanto el desplazamiento tome mas tiempo.

Anexo 13 MTM-LINK

MTM-LINK es un software especializado para la estandarización de procesos empleando el método de tiempos predeterminados MTM-4M. Como tal, este programa reconoce la clase del código MTM-4M asignado a cada movimiento observado (consultar el manual MTM-4M en español) y le asigna el tiempo predeterminado (Los tiempos predeterminados son dados en *MU, Methods Unit*). 1 MU = 0.0006 min. correspondiente en el momento de hacer el calculo del tiempo total de la labor; de la misma manera ofrece diversos tipos de formatos y reportes para obtener la información que se pueda necesitar en un momento dado acerca de los elementos de cada operación y de las operaciones mismas. De esta manera el analista únicamente debe preocuparse por la buena aplicación del método MTM-4M.

El programa también contiene un módulo de balanceo de operaciones para líneas de producción, pero en esta guía únicamente nos enfocaremos en la implementación del método MTM-4.

Es importante hacer una distinción entre los términos “Operación” y “Elemento”:

- *Operación*: Conjunto de elementos necesarios para realizar una operación.
- *Elemento*: Conjunto de movimientos que forman una unidad de método definida entre un movimiento inicial y un movimiento final. Los elementos, pueden ser identificados por la función que realiza. Un ejemplo de elemento puede ser el conjunto de movimientos necesarios que se requieren para una operación como por ejemplo descargar una máquina. En una inyectora, descargar máquina, junto con otros elementos, como cargar máquina, alimentar la bandeja de entrada del centro de trabajo o retirar el material procesado del mismo, pueden ser ejemplos claros de elementos. La agrupación de todos los elementos necesarios conforma una operación y la suma de todos los tiempos de los elementos determina el tiempo de ciclo de la operación.

Según su naturaleza, los elementos más utilizados son:

- *Elemento tipo M – Manual*: Este tipo se refiere a movimientos manuales realizados por las personas. Por lo tanto, estos elementos resultan del estudio de movimientos para el desarrollo del MTM.

- *Elemento tipo P – Proceso*: Este tipo de elemento incluye únicamente los tiempos de operación de las máquinas. Estos tiempos se determinan con cronómetro.

Los tiempos predeterminados están dados en MU's (*Method Unit* – unidad de método). Las equivalencias de estos tiempos se indican en la siguiente tabla:

Tabla 32. Equivalencias de los tiempos predeterminados MU en minutos

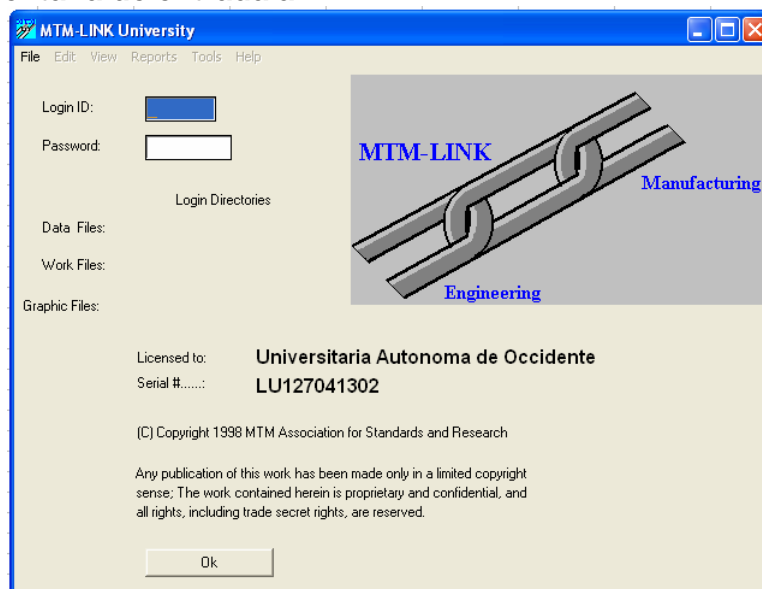
1 Mu =	0,0036 segundos
	0,00006 minutos
	0,000001 horas

Fuente: Tutorial del *software* MTM-LINK-U

1. Ingresar a *MTM-LINK*

En la primer pantalla que aparece al abrir el programa (Figura 1) se solicita ingresar el nombre de usuario (*login ID*) y la contraseña (*password*). En la casilla del nombre de usuario se ingresa la palabra *LINK* y la contraseña es *UNIVERSITY*. Es importante tener en cuenta que ambas palabras se pueden escribir todas en letras mayúsculas o todas en letras minúsculas, pero no puede ser una mezcla entre letras mayúsculas y minúsculas.

Figura 11. Ventana de entrada a MTM-LINK



Fuente: Tutorial del *software* MTM-LINK-U

2. Creación de datos estándar de elementos

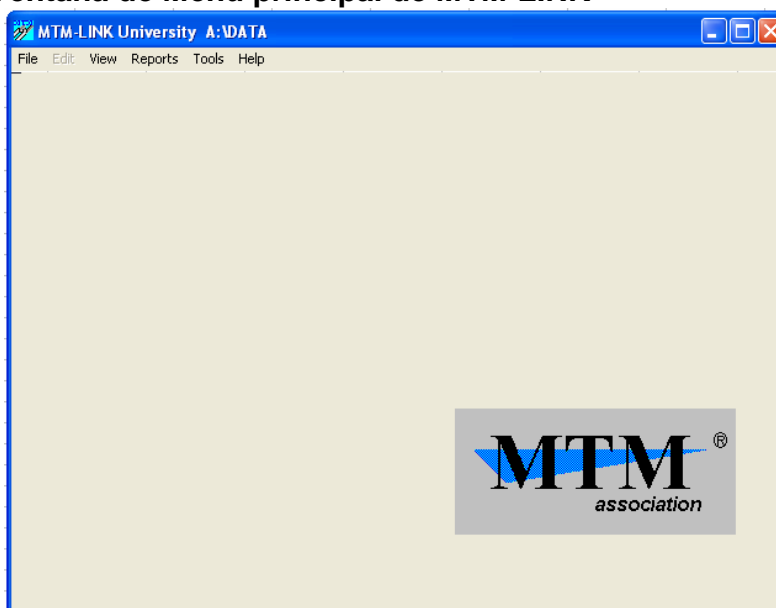
En *MTM-LINK* el primer paso para trabajar es la creación de datos estándar de elemento. El método de manejar elementos por separado, es decir, elementos con su propio código, se basa en que un mismo elemento puede ser ejecutado en dos o mas referencias diferentes de productos que se estén procesando, de manera que sería una verdadera pérdida de tiempo si nos diéramos a la tarea de realizar el mismo método MTM para un mismo elemento tantas veces como referencias lo requieran. Por eso basta con hacerlo una sola vez y asignarle un código único, de manera que las operaciones que requieran dicho elemento deberán llamarlo a través de su código. Esto se hará mas evidente más adelante cuando se explique el formato estándar de operación.

Los datos estándar de elementos se crean en 3 pasos básicos:

1. Identificar el elemento y asignarle un código y descripción.
2. Ingresar el análisis MTM del elemento.
3. Calcular, guardar y/o visualizar o imprimir dicho elemento.

Desde la ventana de menú central (figura 2), que aparece después de ingresar el nombre de usuario y la contraseña en la ventana de entrada, dar click en el menú *File* y a continuación en *Element*. Aparecerá la ventana de “Mantenimiento de elementos” (Figura 3) desde la cual se ingresarán todas las entradas para los datos estándar de elementos.

Figura 12. Ventana de Menu principal de MTM-LINK



Fuente: Tutorial del software MTM-LINK-U

En la casilla “*Element*” se ingresa el código que se ha asignado al elemento. En la casilla “*Desc.:*” se digita la descripción del elemento. En la casilla “*Type*” se selecciona el tipo del elemento. Por ningún motivo tocaremos las casillas “*Learning level*”, “*Metric*” y “*Practice*”.

Más abajo en la ventana se observa una franja blanca con filas y columnas, similar a una hoja de trabajo de Excel, es ahí donde se ingresará el método MTM para el elemento. La primera columna de izquierda a derecha está identificada con la letra “T” (*Type*), que por lo general se llena agregando la letra “M” en la primera fila del registro. Nótese que un registro está identificado con números arábigos e intercalando una fila, es decir, un registro posee dos filas. Esto sencillamente se debe a que la fila superior de cada registro pertenece a la codificación del movimiento asignado a la mano izquierda y la inferior es para la mano derecha.

La segunda columna lleva el título “*LH Not./Element RH Notation*” y es en donde se escribe la notación del método MTM-4M asignada al movimiento de la mano izquierda (Fila superior del registro) o de la mano derecha (Fila inferior del registro).

La tercera columna tiene el título “*Description*” y contiene la descripción del movimiento realizado por las manos. MTM-LINK reconoce el tipo de movimiento asignado a cada mano, por lo tanto, cuando se selecciona el campo “*Description*” el programa automáticamente añade la primera palabra correspondiente al movimiento de la notación ingresada. Por ejemplo, si se ingresa la notación G42-17, MTM-LINK automáticamente iniciará la descripción con la palabra “*Get*”, que es la clase del movimiento asignado.

Todos los registros del método MTM-4M del elemento deben llenarse de esta forma.

Una vez ingresados todos los registros del elemento que se está trabajando, es necesario calcular el tiempo de dicho elemento haciendo click en el icono con la calculadora de la barra de herramientas “*Calculate*”. Asegúrese de calcular de nuevo el tiempo siempre que realice cambios al elemento.

Posteriormente es necesario guardar los cambios realizados al elemento seleccionando la opción “*Save*” del menú “*File*” en la barra de menús, si es la primera vez, o haciendo click en el botón “*Save changes*”.

Podemos visualizar el elemento haciendo click en el “*View icon*”, o imprimirlo haciendo clic en el icono “*Print*”.

Figura 13. Ventana de mantenimiento de elementos

Element Maintenance

Element: [] Desc: []

Type: [M] Learning Level: [100] Manual: 0 Total 0 MUS 0

Metric: 0 Proc: 0 Misc: 0 Updt: Y Freq. IVHDS

T LH Not./Element Practice: [Y]

RH Notation

	Description	IVHDS	Freq.
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Save Changes Undo Changes

Fuente: Tutorial del software MTM-LINK-U

Para crear un nuevo elemento basta con guardar los cambios realizados al elemento actual y hacer click en el icono con la forma de una hoja de papel en blanco (*New*), y aparecerá una ventana en blanco de mantenimiento de elementos.

El programa automáticamente crea una librería con todos los elementos que se han creado, de manera que se puede acceder a ellos haciendo click en el icono de la carpeta con la flecha hacia la derecha, al lado derecho del icono "*New*" (Si se observa detalladamente, existe otro icono también con una carpeta pero con una flecha hacia la izquierda, si se presiona dicho icono, entonces el programa regresa a la ventana de menú principal). A continuación aparecerá una ventana con todos los elementos que se han creado con el programa, basta con identificarlos por su código y descripción y hacer click en aceptar. Inmediatamente se abrirá dicho elemento para su modificación.

Si ya no es necesario crear mas elementos, entonces se procede a hacer clic en el icono con una carpeta pero con una flecha hacia la izquierda, el programa entonces regresa a la ventana de menú principal.

El procedimiento siguiente es la creación de hojas estándar de operaciones, como se explica a continuación.

4. Creación de la hoja estándar de operaciones

La hoja estándar de operaciones (figura 4) es un formato en donde se indican los elementos necesarios (tanto manuales como de proceso) para realizar una operación. Al terminar, el programa hará los cálculos respectivos y arrojará el estándar de unidades para una hora de trabajo.

Para crear la hoja estándar de operaciones, se ingresa por el menú "File" de la ventana principal y se hace click en "Operations". Inmediatamente aparece la ventana de mantenimiento de operaciones (figura 5). Se debe ingresar el número de la referencia o parte a la que se realiza dicha operación en la casilla "Part", como por ejemplo Motor 005. En la casilla "Desc." Se ingresa la descripción de dicha operación, como "Ensamble de motor", por ejemplo. En la casilla "Oper." Se anota el número consecutivo asignado a la operación en el orden total de operaciones que se requieren para fabricar dicho producto.

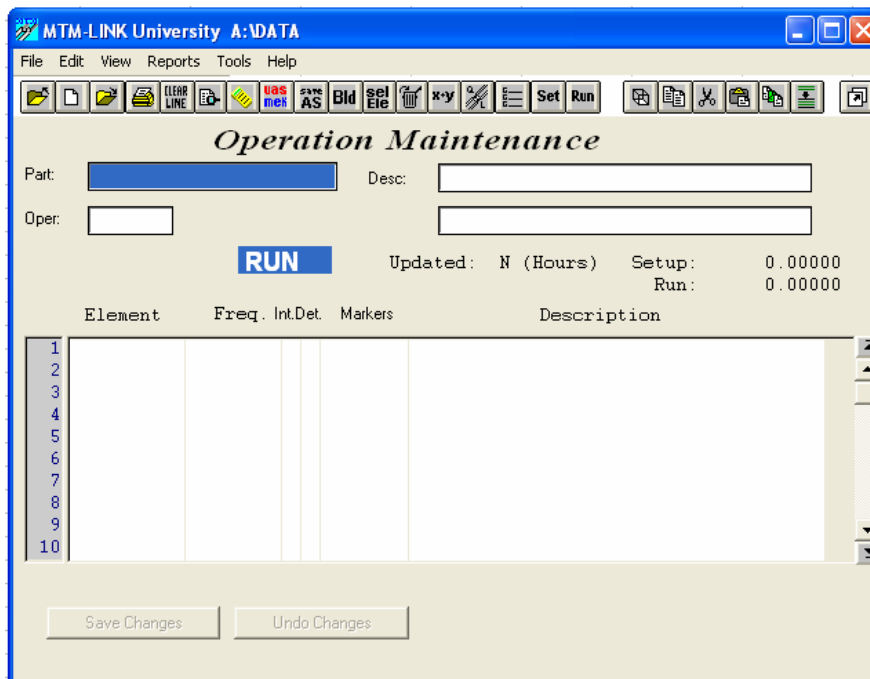
La parte predominante de la ventana es un área blanca, dividida en columnas: "Element", "Freq.", "Int.", "Det.", "Markers" y "Description". En la primera columna, "Element", se ingresa el código de los elementos requeridos por la operación. La frecuencia (columna "Freq.") se refiere al número de veces que es necesario repetir el elemento durante la operación por una unidad de producto. Por ejemplo, si para ensamblar un producto es necesario atornillar 6 veces, entonces la frecuencia será 6. En otros casos, un elemento podrá llevarse a cabo cada cierto número de unidades, como por ejemplo, el elemento descargar máquina en una inyectora con un molde de 4 cavidades, donde el descargue sucede cada 4 unidades (ya que se inyecta esta cantidad por vez), entonces la frecuencia será 1 dividido por 4, es decir 0.25.

De la misma manera como se hace con los elementos, una vez ingresados todos los elementos requeridos por la operación y sus frecuencias, es necesario calcular el tiempo total de la operación haciendo click en el icono con la calculadora de la barra de herramientas ("Calculate"). Asegúrese de calcular de nuevo el tiempo siempre que realice cambios a la operación.

Posteriormente es necesario guardar los cambios realizados a la operación seleccionando la opción "Save" del menú "File" en la barra de menús, si es la primera vez, o haciendo click en el botón "Save changes".

Podemos visualizar la operación haciendo click en el ícono "View", o imprimirlo haciendo clic en el icono "Print".

Figura 14. Ventana de mantenimiento de operaciones



Fuente: Tutorial del software MTM-LINK-U

5. Reportes

Los reportes pueden ser solicitados desde el menú “Reports” en las ventanas de mantenimiento de elementos y también de operaciones, o bien desde la ventana de menú principal, por el menú con el mismo nombre.

5.1. Reportes de elemento (*Manual Element Report*)

Los reportes de elemento muestran el análisis de movimientos de dicho elemento, organizado en un formato de diagrama bimanual. Por esta opción se pueden seleccionar dos tipos de reportes: estándar (*Standard*) o extendido (*Extended*). El primero visualiza un nivel sencillo de detalle mientras que el segundo muestra más detalles del elemento. Se tiene también la posibilidad de imprimir el reporte o de guardarlo como un archivo, mediante la opción “*Print where*”.

5.2. Reportes de operaciones

MTM-LINK ofrece cinco niveles diferentes de reportes de operaciones. De la misma manera, estos pueden ser accedidos desde la ventana de mantenimiento de operaciones o desde la ventana de menú principal, por el menú “*Reports*” en

ambos casos. Los reportes que se pueden obtener mediante el programa son los siguientes:

- **Reporte de estándar de operaciones:** Visualiza lo que hemos visto cuando definimos la operación misma. En el encabezado aparece la información general, como el número de parte, descripción, número de operación, Etc. y muestra los tiempos estándares calculados. El cuerpo del reporte muestra una lista de los elementos utilizados para calcular la operación en su línea de secuencia. En la parte inferior del reporte se muestra el cálculo del tiempo estándar, sus equivalencias en segundos, minutos u horas y las unidades estándar por hora.
- **Reporte de análisis de operación:** Este reporte visualiza todos los elementos con sus respectivos análisis de movimientos organizados en formato de diagrama bimanual.
- **Reporte de instrucción de operación:** Este reporte fue diseñado como un instrumento de entrenamiento y comunicación. Se utiliza para comunicarse de manera efectiva entre el personal de supervisión y producción conectándolos con el método apropiado para desarrollar la operación. Exactamente, es un diagrama bimanual que describe los movimientos necesarios para realizar una operación, sin cálculos matemáticos, de manera que una persona cualquiera pueda leerlo y aprenderse el método.
- **Reporte de resumen de instrucción de operación:** Menciona los elementos necesarios para realizar una operación sin entrar en los detalles del análisis de movimientos.
- **Reporte de análisis MTM:** Visualiza todo el detalle del análisis de operaciones, así como las equivalencias de los valores de códigos para el sistema MTM-1 para quienes deseen comprobar la buena aplicación del método. Este reporte también está organizado en forma de diagrama bimanual para el análisis los movimientos. En la parte inferior del reporte se muestra el cálculo del tiempo estándar, sus equivalencias en segundos, minutos u horas y las unidades estándar por hora.

ESTANDARIZACIÓN DE OPERACIONES PRODUCTIVAS UTILIZANDO EL MÉTODO DE TIEMPOS PREDETERMINADOS M.T.M..

**Diana María Navarro Romero
Juan Manuel Bejarano Rivera**

El presente trabajo busca mostrar como la aplicación de métodos predeterminados como MTM son una herramienta confiable y objetiva para la estandarización de las operaciones productivas. Estas herramientas han evolucionado a través del tiempo y se presentan en la actualidad más sintéticas pero cada vez más exactas en la medida que se realizan estudios. Cabe notar, que MTM es una herramienta que se puede combinar con otras técnicas de mejora continua, estandarización, de aplicación en operaciones indirectas y de costeo; brindando un complemento en exactitud para la medición de las actividades y por ende haciendo cada vez más amplia y acertada la evaluación de los métodos y tiempos en las actividades laborales.

1. INTRODUCCIÓN

Gran parte de los excelentes resultados que esperan las empresas productivas se encuentran en una buena administración de su trabajo en la planta. Es aquí donde la evaluación de los métodos y tiempos de trabajo ocupa un papel relevante, pues es por medio de esto que se mejoran procesos, procedimientos, condiciones laborales para el empleado, distribución y diseño de equipos, entre otros. Y dentro de estas actividades el MTM cobra importancia como una herramienta que brinda rapidez, exactitud, en la evaluación de las actividades en especial en aquellas donde los movimientos son rápidos y pequeños, lo que dificultaría el uso del cronómetro como instrumento de medición. MTM es una técnica surgida en 1948, que no ha sido creada como sustituto de otros métodos

como el cronómetro, sino por el contrario brinda el complemento ideal para realización conjunta de estándares justos.

1.1. Importancia del MTM

Al conocer bien la técnica de evaluación de puestos de trabajo por MTM, el analista de métodos y tiempos creará estaciones de trabajo donde no sólo tenga en cuenta la economía de movimientos, ergonomía, Etc., sino que conociendo el valor de cada movimiento en *TMU* (Unidad de tiempo del MTM, 1 TMU = 0.00001 horas), creará las condiciones para reducir estos tiempos, y de esta forma aumentar la productividad, seguridad y mejorar las condiciones del centro de trabajo, lo que en últimas redundará en ahorros de material, máquinas y mano de obra.

También el MTM brinda la posibilidad de su aplicación en operaciones de costeo de mano de obra directa e indirecta, estandarización con cronómetro, entre otros, de donde se obtiene información bastante acertada de la realidad. Se debe tener en cuenta, además, que los tiempos dados en TMU no tienen ningún tipo de tolerancia, y si se desea esto, se deben brindar los suplementos necesarios según sea la necesidad de la actividad evaluada.

Importancia del analista de Métodos. Si bien la técnica de tiempos predeterminados ofrece muchas ventajas para la organización, sólo éstas serán una realidad en la medida que la persona que evalúa la actividad productiva y aplica el MTM, sea una persona conocedora del tema. Es por lo tanto, importante que el analista de métodos y tiempos realice una adecuada medición de las condiciones del centro de trabajo, cuente con el debido adiestramiento y demuestre su capacidad para la aplicación de la metodología, y de esta forma evalúe la dificultad de los movimientos y sus características para obtener resultados confiables.

2. ESTANDARIZACIÓN DE OPERACIONES PRODUCTIVAS EN EMPRESA ANDINA DE HERRAMIENTAS S.A.

El ser lo competitivos en el mercado nacional y global, crea la necesidad en Empresa Andina de Herramientas S.A., de optimizar sus operaciones. Para ello, en la organización se ha iniciado un proceso de mejoramiento, y dentro del mismo, ha surgido la necesidad de estandarización las operaciones productivas en su línea de producción de más venta que son las lima.

Para este propósito, se inicio por identificar las secciones con más bajas productividades y que representaban un mayor costo para el producto final. Posteriormente, se hicieron las respectivas mediciones y evaluaciones de los centros de trabajo pertenecientes a estas secciones. Para esto, se hizo el respectivo análisis de métodos y tiempos, teniendo en cuenta la economía de movimientos y ergonomía en el centro de trabajo, para facilitar, hacer más rápido y más seguras las condiciones en el centro de trabajo.

Además de lo anterior, en Empresa Andina de Herramientas S.A., se utiliza MTM como metodología de estandarización, recurriendo a seguimientos con cronómetro para efectos de comprobación del estándar obtenido, y medición de tiempos de proceso de las máquinas, y a la información histórica para evaluar el comportamiento del centro de trabajo en el tiempo y con respecto a la estandarización realizada con MTM. De esta forma, se realizaron 87 estándares en las secciones de temple y picadoras, lo que equivale a un incremento del 10.2% en las operaciones estandarizadas. Además, utilizando MTM se realizó la estandarización de 4 celdas de manufactura, lo que complemento la metodología kaizen aplicada para el desarrollo de las mismas.

2.1. Otras aplicaciones del MTM.

Aplicando la metodología MTM se realizó la estandarización del ensamble de un avión de juguete. Para ello se realizó la división en operaciones del ensamble, las cuales posteriormente se dividieron en movimientos básicos que fueron codificados en MTM-4, para luego ser llevados al software MTM LINK, de donde se obtuvo un estándar de 42 aviones por hora. Cabe notar, que al ser MTM una herramienta que otorga valores de tiempo (TMU) sin tolerancias, el valor obtenido de 42 aviones, no tiene en cuenta suplementos, que deben ser otorgados para que el cumplimiento de la labor sea posible.

3. CONCLUSIONES

MTM es una herramienta de estandarización y medición del trabajo, que permite la evaluación confiable y objetiva de las actividades productivas, ya que cuenta con una metodología basada en la medición de los movimientos básicos del operario, teniendo en cuenta distancias de movimientos de las manos, pesos, desplazamientos, movimientos del cuerpo, de los ojos, entre otros. Lo que permite obtener estándares que no son afectados por la velocidad de trabajo del operario, ni por factores de valoración subjetivos del analista de métodos.

Para la estandarización utilizando la metodología MTM, se hace necesario contar con analistas de

métodos y tiempos que posea el entrenamiento y haya demostrado su aptitud para la aplicación del MTM, así como también contar con la colaboración del operario quien tiene la visión de quien realiza y continuará realizando el método implementado..

REFERENCIAS

GARCIA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos. México D.F.: Mc. Graw Hill, 2000. p. 25-30.

MAYNARD, H. B. Manual de ingeniería y organización Industrial. 3 ed. Bogotá: Editorial Reverté, 1.988. p. 497-525.

NIEBEL, Benjamín. Ingeniería industrial: Métodos, tiempo y movimientos. 3 ed. Mexico: Alfaomega, 1990. p. 200, 760.

Empresa andina de herramientas S.A. [en línea]. Cali: Cooper Tools. [Consultado 10 de septiembre, 2006]. Disponible en internet: <http://www.andinadeherramientas.com.co/>.